Industry Canada
Research Publications Program

ECONOMIC IMPACT OF CARBON ABATEMENT POLICIES AND MARKET STRUCTURE: *A Dynamic General Equilibrium Analysis with Imperfect Competition*

By Yazid Dissou, Carolyn Mac Leod and Mokhtar Souissi**
Industry Canada

** Now at Finance Canada*

Working Paper Number 35
October 2002

Industry Canada Industrie Canada
Canada

Industry Canada Research Publications Program

The Industry Canada Research Publications Program provides a forum for the analysis of key micro-economic challenges in the Canadian economy and contributes to an informed public debate on these issues. Under the direction of the Micro-Economic Policy Analysis Branch, the Program's research paper series features peer-reviewed analytical working papers or policy-related discussion papers written by specialists on micro-economic issues of broad importance.

The views expressed in these papers do not necessarily reflect the views of Industry Canada or of the federal government.

Industry Canada
Research Publications Program

ECONOMIC IMPACT OF CARBON ABATEMENT POLICIES AND MARKET STRUCTURE: *A Dynamic General Equilibrium Analysis with Imperfect Competition*

By Yazid Dissou, Carolyn Mac Leod and Mokhtar Souissi**
Industry Canada

** Now at Finance Canada*

Working Paper Number 35
October 2002

National Library of Canada Cataloguing in Publication Data

Dissou, Yazid

Economic impact of carbon abatement policies and market structure :
a dynamic general equilibrium analysis with imperfect competition

(Working paper ; no. 35)
Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: Répercussions économiques des politiques de réduction des émissions de carbone et de la structure du marché.
Includes bibliographical references.
Issued also on the Internet.
ISBN 0-662-66098-6
Cat. No. C21-24/35-2002

1. Greenhouse gas mitigation -- Economic aspects -- Canada.
2. Carbon dioxide mitigation -- Economic aspects -- Canada.
3. Environmental protection -- Economic aspects -- Canada.
4. Environmental policy -- Economic aspects -- Canada.
5. Gross domestic product -- Canada.
I. Mac Leod, Carolyn.
II. Souissi, Mokhtar.
III. Canada. Industry Canada.
IV. Title.
V. Title : Répercussions économiques des politiques de reduction des emissions de carbone et de la structure du marché.
VI. Series: Working paper (Canada. Industry Canada)

HC120.E5E57 2002 363.738'746'0971 C2001-980308-7E

The list of titles available in the Research Publications Program and details on how to obtain copies can be found at the end of this document. Summaries of research volumes and the full text of papers published in Industry Canada's various series and of our quarterly newsletter, *MICRO*, are available on *Strategis*, the Department's online business information site, at http://strategis.gc.ca.

Comments should be addressed to:

Someshwar Rao
Director
Strategic Investment Analysis
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor, West Tower
235 Queen Street
Ottawa, Ontario
K1A 0H5

Tel.: (613) 941-8187
Fax: (613) 991-1261
E-mail: rao.someshwar@ic.gc.ca

104-00377/

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Jean Mercenier, Serge Nadeau, Someshwar Rao and Cemile Sancak, for helpful discussions and comments. Usual caveats apply. The views expressed in this document are those of the authors. They do not reflect those of the institutions with which they are affiliated.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT ..... *i*

1. INTRODUCTION 1

2. THE MODEL 3
   - Overview 3
   - Households 4
   - Firms 5
   - Intertemporal Problem 6
     - Within-period Decisions 7
     - The Government 8
   - Imports and Current Account Balance 8
     - Other Components of Total Domestic Demand 8
   - Carbon Dioxide Emissions and Carbon Permits 9
   - Dynamics and Equilibrium Conditions 9
   - Calibration and Solution Strategy 10

3. SIMULATIONS 13
   - Main Simulation: Impact of the Kyoto Protocol on Canada with Monopolistic Competition in the Product Market 13
   - Sensitivity Analysis 20

4. CONCLUSIONS 25

NOTES 27

BIBLIOGRAPHY 29

INDUSTRY CANADA RESEARCH PUBLICATIONS 31

ABSTRACT

We develop a forward-thinking dynamic general equilibrium model to study the likely aggregate and sectoral effects of carbon abatement policies in Canada. In contrast to other studies, we introduce an imperfectly competitive market structure, by considering the Chamberlinian monopolistic competition framework. The simulation results show that both energy sectors and energy-intensive sectors are highly sensitive to restrictions on CO_2 emissions, while other sectors benefit from the change in the composition of demand. Our results highlight the importance of incorporating an imperfectly competitive market framework in estimating the impacts of compliance to the Kyoto Protocol, particularly on welfare. The use of a perfectly competitive framework can underestimate welfare costs by as much as 30 percent as compared to a monopolistic competition framework, using conservative estimates of firms' market power.

INTRODUCTION

In this study, we assess the welfare and growth implications of Canada's compliance to the Kyoto Protocol in the presence of imperfectly competitive markets. The prospect of global warming, caused by the accumulation in the atmosphere of greenhouse gases (GHG) generated by human activities, has led the international community to take actions to curb these emissions. In December 1997, 38 countries agreed to take appropriate cost-effective measures to reduce their carbon dioxide equivalent emissions of GHG between 2008 and 2012 to at least 5 percent below 1990 levels. Under the terms of the Protocol, Canada has agreed to limit its carbon dioxide equivalent emissions of GHG to 6 percent below its 1990 level, while the United States and the European Union have committed to a ceiling of 7 and 8 percent, respectively, below their 1990 levels.

Based on recent projections by the Analysis and Modelling Group (AMG), GHG emissions will need to be cut by almost 26.5 percent to meet the 2010 target. Since the contribution of carbon dioxide, generated mainly by the combustion of fossil fuels, represents a significant proportion of GHG emissions, the Kyoto restrictions will have a sizeable impact on energy costs. Among the various market-oriented policy instruments that could potentially be used to achieve Canada's commitment under the Protocol, this paper considers the introduction of nationally auctioned carbon permits.

Several studies based on different frameworks ranging from partial to general equilibrium analyses have provided estimates of the likely effects of compliance to the Protocol in Canada. The emerging consensus in the literature is that a general equilibrium framework is the most adequate to capture the direct and indirect impact of the Protocol. However, to our knowledge, most of the general equilibrium models developed to evaluate the economic impact of the Protocol in Canada, for example those of Bernstein, Montgomery and Rutherford (1999), Mckibbin and Wilcoxen (1999) and Wigle (2001), among others, have adopted a perfect competition framework.[1] While this is a good starting point, it needs to be extended in order to include the non-competitive aspects of the market structure. Many studies, such as Carraro and Galeotti (1996) and Rotemberg and Woodford (1996), have shown that considering an imperfect market structure in analyzing the impact of energy price increases could be very important. For example, in their study of the impact of an energy price increase in the United States, Rotemberg and Woodford (1996) found that the impact on GDP (loss) is much higher in the presence of market imperfections than under the assumption of perfect competition. Since, in the presence of imperfect competition, the social marginal benefit of production is greater than its social marginal cost, the welfare impact of a reduction in output caused by an energy price increase will be more deleterious than it would be in a perfectly competitive framework. Moreover, a growing body of literature emphasizes the relevance of imperfect competition, not only for the analysis of sectoral price reforms within general equilibrium models, but also for the analysis of macroeconomic policies within aggregate models.[2]

In this paper, we develop a forward-looking, dynamic general equilibrium model with imperfect competition to study the welfare — sectoral and aggregate — effects of Canada's compliance to the Kyoto Protocol. In particular, we introduce a Chamberlinian competition framework in the analysis in order to capture firms' departure from marginal-cost pricing. We analyze both the long-term and the transitional effects of the Protocol in Canada by using a national carbon emission permit scheme for fossil fuel use as the cost-effective policy instrument required to achieve the desired level of carbon emissions. We assess the underestimation of the welfare and GDP losses, if any, associated with the assumption of perfect competition in all markets. To our knowledge, this is the first forward-looking dynamic general equilibrium model that incorporates an imperfectly competitive market structure in the analysis of the Kyoto Protocol, not only for Canada but also for any other country.

Our model builds upon recent contributions focussing on dynamic general equilibrium models with imperfect competition, such as those of Ambler, Cardia and Farazli (1999), Gali (1994), Mercenier and Yeldan (1997) and Rotemberg and Woodford (1996), among others. However, compared to all these imperfect competition models, one of the distinctive features of the model used in this study is the introduction of capital adjustment costs, which competitive and non-competitive firms alike must incur.

The remainder of the paper proceeds as follows. We present an intuitive description of the model in the next section, and we discuss the data, the calibration procedures and the numerical solution strategy in the third section. Our interpretation of the simulation results is presented in the fourth section. Some concluding remarks follow in the last section. The complete listing of the model's equations is presented in a separate annex, which is available from the authors.

2. THE MODEL

Overview

We develop a multi-sector, forward-looking, dynamic general equilibrium model with imperfect competition in the product market. It is a Ramsey-type, neo-classical model where the steady state growth rate is exogenous and determined by a constant population growth rate, including Harrod-neutral technological progress. Canada is considered a small open economy that produces and consumes tradable goods, and that has free access to the international capital market.

Three types of agents are considered: households, firms and the government. The first two have optimizing behaviour, while the government's role is kept simple. The model features a disaggregation of the Canadian economy into thirteen productive sectors (see Table 1) in order to account for the sectoral differences in energy intensities. Technology is characterized by various substitution possibilities between energy and non-energy production factors, so that any post-reform structural change in production can be traced back.

Tradable goods are differentiated by their origin and destination. Ten of the thirteen productive sectors are characterized by increasing returns to scale that compel firms to price their products by applying a mark-up over their marginal costs. These firms derive market power from sales on the domestic market only, since the assumption of a small country does not allow them the possibility of setting prices in the world market. We model these sectors as being characterized by Chamberlinian large-group monopolistic competition. The ultimate users of the differentiated domestic goods produced in each non-competitive sector are only interested in their respective aggregate.

In this study, we focus only on CO_2 emissions generated by the combustion of fossil fuels: coal, natural gas and petroleum products. To achieve the CO_2 emission level established by the Protocol, a carbon emission permit with an endogenous price is applied to the domestic uses of all fossil fuels. In order to abstract from the growth effects induced by the increase in population and technological progress, we express the model's variables per efficiency units.

Table 1
Sectoral Disaggregation

Acronym	Description
AGRIC	Agriculture, Fishing and Forestry
IRON-ST*	Iron and Steel
COAL*	Coal
PET-GAS*	Crude Petroleum and Natural Gas
OTH-MIN*	Other Minerals
PAPER*	Pulp and Paper
NON-FER*	Non-ferrous Metals
CEMENT*	Cement
REF-PETR	Refined Petroleum
CHEMIC*	Chemicals
ELECTR*	Electricity
OTH-MANUF*	Other Manufacturing
SERV*	Services

* Non-competitive sector.

Households

Consider an economy populated in each period by a finite number of infinitely lived households, which increases at a constant rate, including Harrod-neutral technological progress. We model the behaviour of these households by a representative household that owns the domestic primary factors of production. It has access to the international capital market, where it can borrow or lend at an exogenous constant interest rate. Its portfolio consists of shares in domestic firms, government bonds and foreign assets. Appropriate arbitrage conditions always ensure that the representative household keeps the three types of assets in its portfolio.[3]

In each period, the representative household receives a salary for the labour it supplies. Other income is derived from dividends received from domestic firms, interest on the other financial assets, and net transfers received from the government and the rest of the world. Furthermore, it receives all the proceeds resulting from the sale of the tradable carbon emission permits. It pays taxes on the income of primary factors and utilizes the remainder of its current income for consumption and savings purposes.

The representative household determines the optimal path of spending on each good by maximizing an intertemporal utility function subject to an intertemporal budget constraint. For derivation purposes, we restrict our attention to a preference structure that allows for the separation of the intertemporal allocation of lifetime spending from the within-period allocation of spending among goods. As a consequence, a two-step budgeting procedure may be used to allocate the household's lifetime income between consumption and savings.

At the intertemporal level, the representative household maximizes an additive intertemporal utility function, with a constant rate of time preference and an isoelastic instantaneous utility function, subject to a sequence of period budget constraints and a non-Ponzi game rule. The instantaneous utility function's argument is a Cobb-Douglas aggregate of leisure and an aggregate consumption (or consumption index). The latter is a linear homogeneous function of the household's demand for different commodities. The first-order conditions of this intertemporal optimization problem give both the laws of motion of the aggregate consumption and of wealth as the standard equation of the marginal utility of leisure to the value of marginal consumption. Solving the latter equation, it can be shown that leisure depends on aggregate consumption and real wages.

From the motion laws, we can derive an expression for the current consumption as a function of the household's total (financial and human) wealth. In a numerical context, however, this calculation is not necessary. The first-order conditions and an appropriate terminal condition are sufficient to determine the path of the consumption index. Optimal consumption reflects the relative prices of present and future consumption; an increase in the consumption price index reduces the real interest rate in terms of consumption. This makes future consumption less attractive and increases today's consumption. On the other hand, from the budget constraint, a rise in the consumption price index has an income effect on the consumption level through the household's total financial and human wealth.

Within each period, the representative household allocates its spending between different commodities according to a cost-minimization rule. The consumption index is assumed to be a Cobb-Douglas function of the different commodities, implying that consumption spending is allocated among goods in fixed shares.

Firms

The set of productive sectors is partitioned into two subsets, representing those operating under constant returns to scale and those operating under increasing returns to scale. The non-convexities in the technology of firms belonging to the latter subset of sectors stem from the presence of fixed costs, which introduce a wedge between unit cost and marginal cost. Firms in these sectors behave non-competitively in their product markets; they set their prices by adding a mark-up to their marginal costs.

Two types of differentiation are considered on the production side of the model. First, in every sector, goods produced by firms are differentiated by their geographic destination. We model this by assuming that each firm produces a composite output, which is a constant elasticity of transformation (CET) aggregate of export goods and goods destined for domestic sales. Second, in each non-competitive sector, firms produce differentiated (though close substitute) goods for the domestic market. The composite output produced by firms in non-competitive sectors is therefore an imperfect substitute. The differentiated domestic goods produced in each non-competitive sector form a single composite good in which the ultimate consumers are interested. We postulate a Dixit-Stiglitz preference structure over the differentiated domestic goods of each sector, with the implication that each variety enters symmetrically in the aggregator function. The non-competitive firm takes advantage of its monopoly power from the knowledge of the price elasticity of its perceived demand on the domestic market. In contrast, it has no market power on the export market because of the small-country assumption. The ability to set the price on the domestic market translates into market power for the composite good, which the non-competitive firm uses in the determination of its optimal level of factor use.

While one representative firm is sufficient to model the behaviour of firms in the competitive sectors, we assume that, in each period and in each non-competitive sector, there is a finite and large number of firms, each producing one variety of the differentiated goods. With the assumption of free entry and exit, the number of firms is endogenous. In the context of Chamberlinian monopolistic competition, each non-competitive firm acts as if its competitors would not respond to its pricing strategy. In other words, the non-competitive firm sets its price by considering the prices charged by its competitors and the aggregate price in its industry as given. We will restrict our attention to the symmetric equilibrium, where all producers in each non-competitive sector charge the same price and produce the same quantity of the domestic good by using the same technology. Though this may be similar to the case where perfect competition is assumed, the situation is different here, as non-competitive firms add a mark-up to their marginal cost.

In all sectors, the composite output is produced by using labour, capital, energy and material inputs. A common property of technology in all sectors is that it allows for substitution between the various fossil fuels, for substitution between fossil and non-fossil fuels, and for substitution between energy and other inputs. This technology is described by a multi-level nested constant elasticity of substitution (CES) function. At the bottom level, coal, refined petroleum and natural gas combine to form the fossil fuel aggregate. Fossil fuel and electricity make up the energy aggregate. The latter combines with value added (composite of labour and capital) to form the capital-labour-energy composite. Finally, the capital-labour-energy composite combines with the aggregate of material inputs (non-energy commodities) in fixed proportions to form the composite output of the firm. The difference between competitive and non-competitive firms stems from the presence of fixed costs in the production function of the value-added composite. In other words, the technology of the value-added composite requires some fixed costs in terms of labour and capital, which may be interpreted as R&D expenditures, for example. Our specification of the value-added technology follows that of Ambler and Cardia (1998), and of Rotemberg and Woodford (1996):

$$VA_t^i = V^i(K_t^i, L_t^i) - f_t^i \phi^i$$

where VA_t^i represents the sectoral volume of the value-added composite, V^i is a CES function of the sectoral capital stock, K_t^i, and the sectoral labour demand, L_t^i, while f^i is the number of firms and ϕ^i is a parameter related to fixed costs. In competitive sectors, $\phi^i = 0$. This specification assumes that capital and labour are used not only as fixed factors in non-competitive sectors, but also that they are combined in the same proportion whatever their usage, as fixed factors or variable factors.

Since V^i is a linear homogenous function, it follows that the technology of firms in non-competitive sectors is also homothetic, as is the case in competitive sectors. This property has some interesting implications to which we will return later. By making the appropriate separability assumptions, we are able to split the decisions made by firms into intertemporal and within-period optimization problems. In their intertemporal problem, firms determine the optimal path of their composite output, which they allocate within each period between the domestic and export markets.

Intertemporal Problem

At the intertemporal level, in all sectors, firms maximize the present value of the sum of current and future net cash flows, subject to the capital accumulation constraint and in the presence of capital installation costs, so as to determine the optimal paths of their factor uses and of their composite output. As in Hayashi (1982), we consider convex and linear-homogenous installation costs (in investment and capital stock). Furthermore, we assume that firms finance their investment expenditures through retained earnings. With the assumption that firms are price takers on factor markets, and possibly price makers on product markets, the firms' intertemporal problem can be solved, giving the optimal conditions for factor uses. These conditions can be divided into two groups: those affected by the use of market power on the product market (labour and capital)[4] and those that are not (material and energy inputs).

Optimal conditions for the latter group are those encountered in static optimization and are therefore standard. Firms use these factors up to the point where the value of their marginal product equals their user cost. Following previous discussions, market power on the domestic market translates into market power for the composite output in the non-competitive sectors. In these sectors, firms will use the marginal revenue, $P_{vt}^v(1 - \mu^i/sv^i)$ instead of the value-added price, P_{vt}^v, to determine the optimal levels of primary factors.[5] It follows that market power reduces output. The wedge between the marginal revenue and the value-added price depends not only on the perceived price elasticity of demand of the composite output, but also on the share of value added in the composite output. The lower the share of value added in the composite output, the larger is this wedge. The intuition behind this result is straightforward as the reduction in the volume of the composite output must essentially be driven by a reduction of the value-added component.

In each period, the capital stock is predetermined by past investment, and labour is used up to the point where its marginal revenue product is equal to the wage rate. At the optimum, firms invest up to the point where the marginal cost of investment (i.e. the marginal cost of obtaining and installing capital) equals its marginal benefit, q_t^i, which is the shadow price of additional investment. By rearranging this optimal investment condition, investment can also be defined as a function of the ratio of the shadow price of capital, q_t^i and the purchase price of capital, P_t^k. Another optimal condition of the firms' intertemporal optimization problem refers to Euler's condition, which describes the motion of the shadow price of capital over time that, in turn, depends on the additional benefits generated by a marginal unit of current investment. By imposing a transversality condition, which rules out speculative bubbles, the Euler equation may be solved to yield a forward solution to the shadow price of capital. The shadow price of capital is equal to the present value of future net revenues generated by an additional unit of installed capital at time t. As the implementation of the Kyoto Protocol will affect q_t^i and/or P_t^k, it will affect the

firms' decisions to invest, hence affecting the optimal path of output. Likewise, in labour demand, non-competitive firms use the marginal revenue product of capital in the evaluation of their shadow price, which is less than the value of the marginal productivity of capital. They will therefore underinvest in comparison to a competitive situation. This underinvestment by non-competitive firms has also been noted by Keuschnigg and Kohler (1996) in an analytical framework without capital installation costs.

The departure from perfect competition may generate pure profits, which will prevent Hayashi's identity between marginal and average q to hold. This possibility is ruled out in our model with the assumption of free entry and exit in each period. As profitability increases, firms enter in the non-competitive sectors until the zero-profit condition for each individual firm is satisfied. This condition determines the number of firms in each non-competitive sector. Moreover, this equation allows us to re-establish the identity between marginal and average q, even when non-competitive firms are not price takers. In other words, referring to Hayashi (1982), in each period, the value of the firm, V_t^j, may be expressed as:

$$V_t^j = q_t^j K_{t+1}^j.^{6}$$

Furthermore, under the free entry and exit assumption, there will be no rationalization at the firm level in the non-competitive sectors following a change in relative prices. Indeed with an homothetic technology, the output of each non-competitive firm is constant, since it is operating at a constant scale. Any change in the output of non-competitive sectors is driven by the change in the number of firms.[7]

Within-period Decisions

Firms perceive their export market as different from their domestic market. Having determined the optimal path of their composite output, their objective in each period is to determine the optimal allocation of production between the two markets, with the possibility of having market power on the domestic market. Sales are maximized subject to being on the transformation frontier. We get the optimal conditions of this within-period optimization problem as follows:

$$(1) \qquad EX_{jt} = (A_j^x)^{-1-\sigma_j^x} X_{jt}^s \left[\frac{P_{jt}^x}{\delta_j^x (1-\mu_j^c) P_{jt}^s} \right]^{\sigma_j^x}$$

$$(2) \qquad XD_{jt}^s = (A_j^x)^{-1-\sigma_j^x} X_{jt}^s \left[\frac{P_{jt}^d (1-\mu_j^d)}{\delta_j^x (1-\mu_j^c) P_{jt}^s} \right]^{\sigma_j^x}$$

$$(3) \qquad (1-\mu_j^c) P_{jt}^s = \frac{1}{A_j^x} \left[(\delta_j^x)^{\sigma_j^x} (P_{jt}^x)^{1+\sigma_j^x} + (1-\delta_j^x)^{\sigma_j^x} \left[(1-\mu_j^d) P_{jt}^d \right]^{1+\sigma_j^x} \right]^{\frac{1}{1+\sigma_j^x}}$$

where X^s_{jt}, EX_{jt} and XD^s_{jt} are, respectively, the supplies of the composite output, the export good and the domestic good, and P^s_{jt}, P^x_{jt} and P^d_{jt} are their respective prices. A^x_j and δ^x_j are, respectively, the shift and share parameters in the CET function, while μ^d_j and μ^c_j are the market power parameters on, respectively, the domestic good and the composite output.

Equations (1) and (2) are the supply functions of the export and domestic goods, respectively. Note, in the domestic good supply function, the presence of the strictly positive parameter $\mu_j^d = |1/\varepsilon_j^d|$, with ε_j^d being the perceived own-price elasticity of demand of the domestic good. With Dixit-Stiglitz preferences over the differentiated goods and the assumption of a large number of firms, the perceived own-price elasticity of demand, ε_j^d, is constant and equal to the elasticity of substitution in the Dixit-Stiglitz CES function.[8]

At a given domestic price, non-competitive firms will supply less on the domestic market. Stated differently, for a given level of domestic supply, non-competitive firms charge a higher price in comparison to a competitive situation. Equation (3) is an expression for the Lagrange multiplier of the firms' within-period optimization problem. It is the marginal revenue generated by the sale of an additional unit of the composite output, which is equal to $P_{jt}(1-\mu_{jt}^c)$, μ_{jt}^c being the absolute value of the inverse of the perceived price elasticity of demand of the composite output. The link between the price elasticities of the composite output and the domestic good is then established. The higher the share of the domestic good in the composite output, the stronger the market power in the composite output.

The Government

In this model, the government role is simple. It consumes goods and services, G_i^t, which are fixed in real terms,[9] and makes lump-sum transfers to households. It finances its spending by imposing taxes on domestic sales, imports, wages, and capital incomes and by issuing bonds. The government is required to have an intertemporally balanced budget. This requirement can be satisfied by various fiscal rules. We opted to choose government lump-sum transfers to households as the adjusting variable, such that the ratio of its debt to gross domestic product is kept constant in each period (i.e. equal to the ratio observed in the initial steady state). As discussed in Mckibbin and Wilcoxen (1999), this simple rule respects the intertemporal budget balance constraint.

Imports and Current Account Balance

The total domestic demand of each commodity is the sum of the demands for household and government consumption, investment and intermediate uses. It is an Armington (CES) aggregate of the domestic good and the imported good. A representative agent determines the optimal composition of this aggregate by a cost-minimizing rule. We get the standard demand conditions for the demands of the import and domestic goods, and the dual price of the CES composite good. Note that the latter is not necessarily the purchasing price of the domestic demand for all commodities. In the case of fossil fuels, this price is augmented by the price of tradable emission permits, to which we will return later in the study.

In each period, the current account deficit adds to the debt level. The transversality condition imposed on the representative household, which bears the responsibility for the foreign debt, prevents the explosion of the stock of debt. In each period, this level should be equal to the discounted sum of future current account balances. The real exchange rate is the adjusting variable enabling the fulfillment of this condition.

Other Components of Total Domestic Demand

Other components of total domestic demand for each commodity are investment demand by origin and demand for goods for intermediate use (energy and non-energy). We assume that the capital good used for investment is identical in all sectors. It is a fixed-proportion (Leontief) aggregate of various products, sold at the price P_i^k. We use the fixed coefficients of the investment matrix, $IMAT_{ij}$, to determine the

demand for each good for investment purposes from the knowledge of investment demands by destination sector,[10] which increase firms' capital stocks. The price of the capital good, P_t^k, is a weighted average of the purchase prices of the different commodities making up the capital good.

The demand for each energy good for intermediate use is the sum of individual demands by all firms. Since non-energy intermediate goods are used in fixed proportions (Leontief technology), the expression for their demand can be easily derived from the knowledge of valued added.

Carbon Dioxide Emissions and Carbon Permits

In this study, we assume that carbon dioxide emissions come from the combustion of fossil fuels, that is coal, natural gas and petroleum products. In order to reduce the level of carbon dioxide emissions in Canada, a carbon emission penalty is imposed on the consumption of fossil fuels by increasing the cost associated with their use. The requirement to purchase a tradable carbon emission permit is used to mimic the emission penalty. Permits are needed for all domestic uses (final or intermediate) of these fuels, whatever their origin (imports or domestic production).[11] Thus, the cost of the permit adds to the price of the Armington composite (of domestic and imported goods) of each of the fossil fuels. The required amount of tradable permits for the use of a given fossil fuel varies positively with its carbon dioxide content. Let e^i be the emission factor (i.e. the quantity of carbon dioxide in tons contained in one unit of the fossil fuel), P_t^q be the unit price of the tradable permit, expressed in $/ton of carbon dioxide, and $\overline{P_{jt}^c}$ be the consumption price of the fossil fuel (without permit). The purchasing price of the fossil fuel, P_{jt}^c, gross of permit, is therefore $P_{jt}^c = \overline{P_{jt}^c} + e^i . P_t^q$. In other words, the total value of the required permits per unit of fossil fuels is $e^i . P_t^q$.

After determining the level of the emission factor, e^i, the total level of carbon dioxide emissions may be estimated by using the level of total domestic demand for these fuels. The equilibrium unit price of the tradable permit, P_t^q, is the one that equates the total level of emissions with the desired level of emissions. The proceeds of carbon permit sales are allocated to the representative household in a lump-sum fashion, so as to have a neutral effect on the economy. Of course, other uses of the permit revenues may be considered; they yield different results from the ones obtained here. For example, the proponents of the double-dividend hypothesis have argued that the use of revenues derived from environmental taxation to reduce or replace other distorting taxes may confer additional benefits to the economy. However, other authors, like Bovenberg and de Mooij (1994a), Bovenberg and de Mooij (1994b) and Goulder et al. (1999) have rejected the double-dividend hypothesis by showing that environmental taxes exacerbate pre-existing distortions.

Dynamics and Equilibrium Conditions

The model's dynamics are represented by two types of variables. On the one hand, there are state variables, such as the capital stock, whose current values are determined by past accumulation and, on the other hand, there are jumping variables, such as aggregate consumption and the shadow price of capital, whose current values exclusively reflect future conditions. The various transversality conditions imposed prevent the model from exploding.

An intertemporal equilibrium is represented by a sequence of prices, quantities and assets, such that all optimality conditions are satisfied, all agents respect their budget constraints, in each period there are temporary equilibria *à-la-Grandmont* in the labour and domestic goods markets, and the total level of carbon dioxide emissions is exactly equal to the desired level in each period.

The equilibrium solution of this imperfect competition model will not coincide with the central planner solution, since monopolistic firms will underinvest when there is a change in relative prices. As discussed in Rotemberg and Woodford (1995) and Gali (1994), multiple equilibria may be observed in this dynamic model with imperfect competition. Nonetheless, we keep our focus on the new local equilibrium close to the benchmark steady state.

Calibration and Solution Strategy

The model was calibrated using benchmark data for 1995, constructed by combining data from different sources. The data were used to construct a social accounting matrix (SAM) for Canada consisting of thirteen sectors and fourteen commodities.[12] The sectoral characteristics of the SAM are presented in Table 4. Data on carbon dioxide emissions produced in Canada by fossil fuels in 1995, published by Environment Canada, allow us to infer the amount of carbon dioxide generated by each productive sector of the model.

The model was calibrated by assuming that the observed data is the outcome of a given steady-state equilibrium, as is standard practice in applied general equilibrium models. At this equilibrium, which represents our business-as-usual (BAU) scenario, the growth rate of real GDP is constant and equal to 2.7 percent. Following Environment Canada's projections for the AMG, Canada's total emissions of GHG are projected to grow by 14.5 percent between 1995 and 2010. Since emission growth is positively correlated with economic growth, we calibrated the emission intensity or emission factor, e_i, of each fossil fuel, which is a constant. The emission intensity is defined by the volume of carbon dioxide emissions per unit of fossil fuel; it is calculated from data on total domestic uses of fossil fuels contained in the SAM and on total carbon dioxide emissions for each fossil fuel from Environment Canada (Table 2). Moreover, using data on the sectoral uses of fossil fuels and an appropriate price normalization, we are able to compute the total amount of carbon dioxide generated by each productive sector.

Table 2
CO_2 Emissions and Fuel Consumption by Type (1995)

Fossil Fuel	CO_2 Emissions in Megatons	Domestic Consumption of Fossil Fuels in Millions of $	Ratio in Thousands of Tons of CO_2/$
Natural Gas	145.2	16,437.3	8.8
Refined Petroleum	216.4	17,987.8	12.0
Coal	99.3	1,265.0	78.5
Total	460.9	35,690.1	—

Source: Environment Canada, Statistics Canada and authors' calculations.

Typically, a calibration procedure involves determining the values of some behavioural parameters and some non-observable variables so as to reproduce the initial equilibrium, by using, on the one hand, observed data and first-order and steady-state conditions and, on the other hand, some behavioural parameters drawn from a literature search.

The external parameters used in the calibration process are presented in Table 3. Central to our analysis are the substitution parameters in technology. The values used in this model are relatively conservative and close to the ones used by Wigle (1999). Estimates of the size of the mark-up over marginal costs for Canadian industries are rare in the literature. We used recent estimates of these parameters provided by Industry Canada and calibrated the value of firms' market power on the domestic market, μ_j^d. These values, which range from 20 to 30 percent, may be considered reasonable, since they are comparable to values used in other studies.[13] Using equation (3), we then calibrated the values of μ_{ji}^c, the implicit firm's market power on the composite output market.[14] Other parameter values are drawn from studies done on Canada or the United States and are believed to be conservative as well. As the calibration procedures for the other parameters pertaining to the static and dynamic aspects of the model are common in the literature, they will not be discussed here.

Table 3
Values of Some External Behavioural Parameters Used in the Base Scenario

Parameters	Values
Installation Cost Parameter	2.00
Elasticity of Substitution Between Value Added and Energy	0.35
Elasticity of Substitution Between the Fossil Fuel Aggregate and Electricity	0.30
Elasticity of Substitution Among Fossil Fuels	0.20
Elasticity of Substitution Between Capital and Labour	0.50
Elasticity of Substitution Between Imports/Exports and the Domestic Good	2.50
Rate of Physical Capital Depreciation	0.10
Intertemporal Elasticity of Substitution	1.00
Population Growth Rate, Including Harrod-Neutral Technological Progress (%)	2.70
World Interest Rate (%)	5.00

Source: Various studies.

Table 4
Sectoral Characteristics of the Canadian Economy in the Benchmark Data (1995)

Industry	Production	Value Added	Exports	Imports	Exports	Domestic Sales	Imports	Domestic Production
	(%)				(as a % of Output)		(as a % of Domestic Absorption)	
AGRIC	3.28	2.63	3.1	1.41	19.17	80.83	9.07	90.93
IRON-ST	0.84	0.58	1.31	1.54	32.21	67.79	34.12	65.88
COAL	0.12	0.14	0.42	0.26	69.41	30.59	56.18	43.82
PET-GAS	1.66	2.34	4.49	2.03	55.31	44.69	34.13	65.87
OTH-MIN	2.59	2.14	4.2	2.34	32.9	67.10	20.21	79.79
PAPER	2.05	1.72	7.17	0.98	72.05	27.95	24.56	75.44
NON-FER	1.28	0.56	4.87	2.37	78.89	21.11	62.79	37.21
CEMENT	0.24	0.19	0.12	0.04	10.14	89.86	3.26	96.74
REF-PETR	1.26	0.17	1.1	0.95	17.63	82.37	14.68	85.32
CHEMIC	1.41	1.12	3.22	4.24	46.71	53.29	51.7	48.3
ELECTR	1.79	2.83	0.41	0.05	4.48	95.52	0.53	99.47
OTH- MANUF	20.62	14.24	52.29	69.37	52.06	47.94	57.18	42.82
SERV	62.85	71.34	17.3	14.42	5.23	94.77	4.04	95.96
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—	—	—

Source: Statistics Canada and authors' calculations.

The numerical resolution of an infinite-horizon model needs truncation in time length. The rule-of-thumb is to choose a length of time sufficiently long to allow the economy to reach a new steady state after an initial perturbation. In this model, we have chosen a forty-period length horizon and solve the model using the extended-path method.[15]

3. SIMULATIONS

We run various simulations with the model in order to analyze the aggregate and sectoral impacts of the Kyoto Protocol on the Canadian economy. Our policy simulations incorporate one of the main objectives of the reform, which is to lower carbon dioxide emissions associated with the use of fossil fuels. We achieve this reduction by imposing a carbon emission penalty in each of the years in which emission limits are imposed. In practice, according to the Protocol, countries must meet their emission target over an average of the years 2008–2012. However, as in many other studies, we assume that Canada will meet its Kyoto target in 2010. Based on Analysis and Modelling Group (AMG) projections, meeting Canada's target in that year will amount to reducing GHG emissions by almost 26.5 percent compared to the business-as-usual (BAU) scenario. We keep the 2010 carbon dioxide emission level constant in subsequent years[16] (referred to as the "Kyoto Forever" scenario in the literature). In our study, the carbon emission penalty corresponds to the cost of the tradable permits required for the use of fossil fuels. The model determines endogenously the unit cost of the tradable permits required to achieve the assumed emission target.

Since there is uncertainty about the magnitude of some external parameters used in our calibration procedures, we run other simulations in order to test the robustness of our results. These simulations differ in the values of the parameters pertaining to either market structure, firms' technology or trade elasticities. In our main simulation, we study the impact of the reform with the base-case parameter values presented in Table 3 in an imperfectly competitive framework.

Main Simulation: Impact of the Kyoto Protocol on Canada with Monopolistic Competition in the Product Market

The results of this simulation are presented in Tables 5, 6 and 7. The price of the carbon permit required to achieve the carbon dioxide emission target is $29.20[17] per ton of CO_2 in 2010, and dropping to $28.30 in 2012.[18] The first impact of this strictly positive value of the carbon permit price is to drive up the user price of fossil fuel products: the highest increase is observed for coal — the most polluting fuel — followed, respectively, by petroleum products and natural gas. This increase in the price of fossil fuel products alters relative prices in the economy and has direct and indirect effects, characterized by changes in production costs and in the composition of aggregate demand. Since the different sectors will not be affected similarly, we make a distinction in our analysis between energy-intensive and other sectors on the production side, and between the energy-producing and other sectors on the demand side.

On the production side, as the cost of fossil fuels increases, firms substitute away from the most polluting of these products at a lower level of the technology nesting. At the middle level, electricity is substituted for the aggregate input of fossil fuels.[19] Finally, at a higher level, firms will substitute from energy to value added. The price elasticity of the demand for an input is a function, not only of substitution elasticities, but also of factor shares. For example, the higher the share of value added in the aggregate of value added and energy, the easier it is for firms to substitute it for the energy input. In these conditions, even though capital is not directly substituted for fossil fuel products, the substitution elasticity between capital and labour, which has an impact on the availability of value added, is also of importance in the equilibrium price of the carbon permit.

Table 5

Sectoral Impact of Kyoto Protocol on Selected Variables in % Deviation From Business-as-usual (BAU)

Base Scenario: "Kyoto Forever" with Imperfect Competition

Industry	Year	Total Energy Consumption	Fossil Energy Consumption	Non-fossil Energy Consumption	Investment	Employment	Output	Domestic Sales	Exports	Total Domestic Demand	Household Consumption	Imports
AGRIC	2010	-10.02	-12.85	-3.11	-2.97	0.41	-0.66	-0.34	-2.04	-0.18	-1.61	1.39
	2012	-10.21	-12.97	-3.49	-2.49	0.14	-0.99	-0.66	-2.38	-0.50	-1.62	1.08
	Long Run	-10.55	-13.19	-4.14	-1.17	-0.43	-1.64	-1.33	-2.96	-1.18	-1.59	0.31
IRON-ST	2010	-25.05	-32.00	-13.14	-24.47	-9.50	-11.89	-6.55	-20.58	-1.04	-5.08	9.94
	2012	-26.10	-32.83	-14.69	-20.43	-10.78	-13.77	-7.82	-23.52	-1.53	-5.66	11.07
	Long Run	-27.45	-33.80	-16.89	-13.18	-12.60	-16.64	-9.72	-28.07	-2.10	-6.61	13.28
COAL	2010	-27.74	-30.65	-23.59	-48.44	-21.42	-21.10	-28.58	-18.70	-33.52	-64.65	-37.27
	2012	-31.24	-33.95	-27.40	-45.98	-25.18	-25.12	-30.16	-23.49	-33.60	-64.55	-36.24
	Long Run	-42.93	-45.10	-39.86	-40.75	-37.70	-38.46	-35.71	-39.38	-33.53	-64.09	-31.82
PET-GAS	2010	-18.46	-23.49	-16.67	-33.85	-14.71	-13.91	-23.99	-8.03	-28.60	-18.10	-37.19
	2012	-21.06	-25.81	-19.37	-31.92	-17.28	-16.79	-24.87	-12.05	-28.69	-18.09	-35.83
	Long Run	-29.04	-33.21	-27.57	-27.40	-25.34	-25.78	-27.93	-24.49	-29.05	-18.65	-31.21
OTH-MIN	2010	-8.92	-13.92	-5.42	-10.37	-2.65	-3.00	-3.49	-2.25	-3.74	-0.59	-4.72
	2012	-9.90	-14.74	-6.53	-9.70	-3.64	-4.11	-4.48	-3.56	-4.66	-0.69	-5.39
	Long Run	-12.52	-17.07	-9.37	-7.39	-6.34	-7.22	-7.10	-7.39	-7.04	-1.10	-6.80
PAPER	2010	-2.76	-8.97	-0.94	-2.74	1.72	1.01	1.05	0.99	1.07	-1.02	1.11
	2012	-3.33	-9.37	-1.57	-2.34	1.21	0.43	0.78	0.33	0.89	-1.13	1.24
	Long Run	-4.45	-10.27	-2.76	-0.54	0.16	-0.80	0.33	-1.15	0.70	-1.44	1.84
NON-FER	2010	-17.27	-27.14	-14.07	-40.61	-11.59	-12.47	-8.71	-13.29	-5.69	-1.75	-3.89
	2012	-20.47	-29.74	-17.47	-35.33	-14.97	-15.90	-11.20	-16.92	-7.37	-1.96	-5.08
	Long Run	-28.08	-36.12	-25.51	-24.63	-23.11	-24.14	-17.09	-25.68	-11.12	-2.56	-7.51
CEMENT	2010	-10.45	-17.94	-3.57	-1.20	-0.06	-1.55	-1.18	-4.22	-1.08	-2.19	1.96
	2012	-10.32	-17.66	-3.63	-0.99	-0.01	-1.52	-1.16	-4.10	-1.06	-2.15	1.87
	Long Run	-9.94	-17.01	-3.57	-0.59	0.12	-1.38	-1.06	-3.65	-0.98	-2.01	1.60

Table 5 (cont'd)

Industry	Year	Total Energy Consumption	Fossil Energy Consumption	Non-fossil Energy Consumption	Investment	Employment	Output	Domestic Sales	Exports	Total Domestic Demand	Household Consumption	Imports
REF-PETR	2010	-32.30	-32.34	-29.05	-55.71	-27.89	-31.74	-27.42	-53.71	-21.87	-34.61	13.34
	2012	-32.26	-32.31	-29.08	-41.36	-27.31	-31.78	-27.42	-54.01	-21.78	-34.20	14.11
	Long Run	-32.38	-32.42	-29.12	-27.19	-26.65	-31.98	-27.48	-54.97	-21.54	-33.29	16.39
CHEMIC	2010	-19.21	-20.98	-14.34	-29.93	-11.69	-12.83	-8.43	-16.41	-3.96	-2.70	0.30
	2012	-20.78	-22.48	-16.12	-25.25	-13.35	-14.70	-9.74	-18.75	-4.61	-2.96	0.27
	Long Run	-23.56	-25.16	-19.18	-17.02	-16.25	-18.01	-12.06	-22.89	-5.76	-3.43	0.28
ELECTR	2010	-30.10	-30.10	0.00	-9.46	-3.62	-5.96	-5.29	-16.05	-5.23	-5.63	6.83
	2012	-29.95	-29.95	0.00	-7.66	-3.86	-6.41	-5.72	-16.98	-5.66	-5.88	7.05
	Long Run	-29.48	-29.48	0.00	-5.07	-4.34	-7.13	-6.43	-17.88	-6.36	-6.01	6.61
OTH-MANUF	2010	-3.35	-8.73	-0.52	0.71	2.32	2.04	0.75	2.99	-0.51	-0.62	-1.45
	2012	-3.46	-8.71	-0.71	0.94	2.25	1.95	0.71	2.87	-0.50	-0.64	-1.40
	Long Run	-3.32	-8.44	-0.65	1.81	2.43	2.10	0.84	3.02	-0.38	-0.63	-1.29
SERV	2010	-9.15	-13.21	-3.69	-1.61	-0.44	-0.87	-0.99	0.68	-1.05	-0.36	-2.63
	2012	-9.05	-13.03	-3.73	-1.31	-0.36	-0.83	-0.96	0.75	-1.03	-0.34	-2.64
	Long Run	-8.77	-12.61	-3.66	-0.90	-0.19	-0.70	-0.85	1.18	-0.93	-0.22	-2.84

Source: Simulation results.

Table 6

Sectoral Impact of Kyoto Protocol on Selected Prices, % Deviation From Business-as-usual (BAU)

Base Scenario: "Kyoto Forever" with Imperfect Competition

Industry	Year	Consumption Price	Domestic Good Price	Output Price	Value-added Price	Shadow Price of Capital	Aggregate Energy Price	Fossil Energy Price	Non-fossil Energy Price
AGRIC	2010	0.63	0.69	0.56	-1.70	-0.96	34.15	49.09	4.91
	2012	0.63	0.70	0.57	-1.68	-0.84	33.69	48.23	5.18
	Long Run	0.60	0.66	0.54	-1.64	-0.59	32.54	46.40	5.33
IRON-ST	2010	4.30	6.72	4.24	-6.25	-3.22	71.14	135.80	4.91
	2012	4.94	7.74	4.90	-4.43	-2.27	69.43	131.98	5.18
	Long Run	6.01	9.49	6.06	-1.01	-0.58	65.43	123.64	5.33
COAL	2010	226.54	-5.06	-1.20	-4.69	-5.69	26.29	44.72	4.91
	2012	219.53	-3.59	-0.86	-4.11	-4.71	26.04	43.99	5.18
	Long Run	203.85	2.38	0.60	-1.52	-1.20	25.37	42.60	5.33
PET-GAS	2010	20.81	-7.34	-2.61	-4.09	-3.93	12.77	39.19	4.91
	2012	20.80	-6.10	-2.19	-3.51	-3.20	12.86	38.63	5.18
	Long Run	21.64	-1.84	-0.69	-1.35	-0.89	12.78	37.78	5.33
OTH-MIN	2010	-0.41	-0.51	-0.31	-2.12	-1.67	18.90	43.37	4.91
	2012	-0.31	-0.38	-0.23	-1.96	-1.41	18.83	42.68	5.18
	Long Run	0.10	0.13	0.08	-1.23	-0.65	18.48	41.42	5.33
PAPER	2010	0.02	0.02	0.01	-1.66	-1.11	11.58	38.86	4.91
	2012	0.14	0.18	0.04	-1.64	-0.97	11.70	38.30	5.18
	Long Run	0.45	0.60	0.14	-1.45	-0.59	11.66	37.49	5.33
NON-FER	2010	0.76	2.08	0.37	-2.52	-5.61	19.03	81.03	4.91
	2012	0.98	2.70	0.49	-2.40	-4.26	18.92	79.08	5.18
	Long Run	1.60	4.46	0.82	-2.01	-0.77	18.33	75.05	5.33
CEMENT	2010	1.22	1.26	1.11	-1.60	-0.60	34.15	79.05	4.91
	2012	1.18	1.22	1.07	-1.65	-0.57	33.61	77.18	5.18
	Long Run	1.03	1.07	0.94	-1.80	-0.59	32.20	73.25	5.33

Table 6 (cont'd)

Industry	Year	Consumption Price	Domestic Good Price	Output Price	Value-added Price	Shadow Price of Capital	Aggregate Energy Price	Fossil Energy Price	Non-fossil Energy Price
REF-PETR	2010	51.16	19.48	16.59	-11.00	-7.17	22.51	22.77	4.91
	2012	50.23	19.80	16.88	-6.66	-4.05	22.45	22.70	5.18
	Long Run	48.21	20.80	17.75	-1.59	-0.59	23.10	23.36	5.33
CHEMIC	2010	1.75	3.71	1.69	-3.41	-3.87	27.40	37.09	4.91
	2012	2.02	4.29	1.96	-2.86	-2.74	27.14	36.59	5.18
	Long Run	2.51	5.38	2.48	-1.80	-0.62	26.71	35.91	5.33
ELECTR	2010	4.91	4.93	4.64	-2.67	-1.50	144.84	144.84	0.00
	2012	5.18	5.21	4.90	-2.12	-1.11	140.71	140.71	0.00
	Long Run	5.33	5.36	5.04	-1.45	-0.60	131.67	131.67	0.00
OTH-MANUF	2010	-0.38	-0.88	-0.37	-1.64	-0.66	15.46	39.60	4.91
	2012	-0.36	-0.84	-0.36	-1.72	-0.62	15.49	39.03	5.18
	Long Run	-0.37	-0.85	-0.36	-1.86	-0.57	15.32	38.13	5.33
SERV	2010	-0.64	-0.67	-0.62	-1.60	-0.62	27.34	48.17	4.91
	2012	-0.66	-0.68	-0.63	-1.61	-0.57	27.06	47.34	5.18
	Long Run	-0.77	-0.81	-0.75	-1.74	-0.59	26.24	45.60	5.33

Source: Simulation results.

Table 7
Sectoral Impact on CO_2 Emissions
Base Scenario: "Kyoto Forever" with Imperfect Competition

Industry	Year	Change in CO_2 Emissions % Deviation from Business-as-usual (BAU)	Contribution to Total Sectoral CO_2 Emissions in %
AGRIC	2010	-12.89	4.11
	2012	-13.01	4.10
	Long Run	-13.24	4.10
IRON-ST	2010	-35.05	5.75
	2012	-35.80	5.69
	Long Run	-36.62	5.63
COAL	2010	-31.01	0.17
	2012	-34.29	0.16
	Long Run	-45.37	0.14
PET-GAS	2010	-24.35	0.49
	2012	-26.64	0.47
	Long Run	-33.92	0.43
OTH-MIN	2010	-14.41	1.49
	2012	-15.21	1.48
	Long Run	-17.51	1.44
PAPER	2010	-10.03	1.35
	2012	-10.41	1.35
	Long Run	-11.26	1.34
NON-FER	2010	-31.72	1.12
	2012	-34.09	1.09
	Long Run	-39.92	0.99
CEMENT	2010	-22.90	0.50
	2012	-22.57	0.50
	Long Run	-21.76	0.51
REF-PETR	2010	-32.38	28.85
	2012	-32.35	28.89
	Long Run	-32.46	28.89
CHEMIC	2010	-21.25	4.07
	2012	-22.74	4.00
	Long Run	-25.40	3.87
ELECTR	2010	-32.96	16.53
	2012	-32.77	16.59
	Long Run	-32.22	16.76
OTH-MANUF	2010	-9.40	3.70
	2012	-9.37	3.71
	Long Run	-9.08	3.73
SERV	2010	-13.35	31.87
	2012	-13.16	31.97
	Long Run	-12.74	32.18

Source: Simulation results.

The rise in the price of energy significantly increases the cost of production in the energy-intensive sectors, which, in response, raise the price of their respective product on the domestic market, their export prices being exogenous. It follows that the purchasing price (consumption price) of the energy-intensive products increases. Among these sectors, the highest price increases are observed in the iron and steel, non-ferrous, and chemical products sectors (Table 6). Since these sectors behave monopolistically on their domestic market, part of the price increase also reflects their market power on this market.

A reduction ensues in the demand for these products by households and by other firms that use them for intermediate consumption or for investment. In 2010, the production of energy-intensive sectors will have decreased by 12.5 percent, 11.9 percent and 12.8 percent (relative to the BAU scenario) in the non-ferrous, iron and steel, and chemical products sectors, respectively. Other sectors that are less dependent on energy either contract less or even expand. For example, the production of the service sector will have fallen by only 0.9 percent in 2010.

On the demand side, energy sectors are the most affected by the reduced demand for fossil fuel products. These sectors undergo large contractions, with the largest decline — 33.5 percent in 2010 — occurring in the coal sector, followed by decreases of 28.7 percent and 21.9 percent in the natural gas and refined petroleum sectors, respectively. Other non-energy-intensive sectors benefit from the change in the composition of aggregate demand. Domestic demand for their product increases, which has a positive impact on their production. For example, in 2010, the production of the "other manufacturing" sector shows a 2.0 percent gain.

In a dynamic perspective, the rise in the cost of energy has a negative impact on the returns to investment. The more a sector is dependent on energy products, the lower will be the return on its investment. This cost increase drastically reduces the price of value added in energy-intensive sectors, while it simultaneously drives up the price of the capital good. These two effects have a negative impact on firms' incentives to invest. The reduction in demand for fossil fuel products induces firms in energy-producing sectors to reduce the size of their capital stock. In the long run, output in these sectors declines to the levels displayed in Table 5. Coal and petroleum products industries are the most affected, with a long-run decline in output of 38.5 percent and 32.0 percent, respectively, relative to the BAU case. In contrast, the non-energy sectors, which benefit from the change in the composition of aggregate demand, invest more in comparison to the BAU scenario. In the long run, investment in the "other manufacturing" sector increases by 1.8 percent.

The decrease in the price of value added experienced in many sectors is detrimental to labour, with the wage rate decreasing both in 2010 and in the longer run. The contraction and expansion effects observed in different sectors are accompanied by the traditional reallocation of labour among sectors. As expected, the energy sectors suffer the most in terms of labour use. Under the assumption of free entry and exit in non-competitive sectors, the number of firms in these sectors increases or decreases according to whether they expand or contract (see Table 6). Note that our assumptions of homothetic technology and fixed mark-up in non-competitive sectors cause firms in these sectors to operate at a constant scale; thus, the sectoral expansion or contraction is occurring solely through the start-up or closing-down of firms producing different varieties.

The total reduction in the level of carbon dioxide emissions in the productive sectors is mainly due to the decrease in the emissions of energy-intensive sectors (Table 7). Since the supply of carbon permits is fixed in each year, their price changes are exclusively due to adjustments in demand. In turn, demand is influenced by the ease of substitution away from fossil fuel products. As already mentioned, the ease of substitution depends not only on the substitution parameters in firms' technology, but also on the share of value added and, hence, on the availability of physical capital. In 2010, when the quantitative limit on carbon dioxide emissions takes effect, the existing aggregate capital stock is the result of past investment

decisions. Following the reduction in aggregate investment in the economy (beginning in 2010), firms will have less capital stock at their disposal and, hence, less value added. In the long run, the cumulative investment decisions contribute to an increase in the aggregate capital stock. This, in turn, will help ease the substitution of value-added for energy and, therefore, reduce the price of carbon permits.

At the aggregate level, the expansion observed in some sectors is not large enough to outweigh the contraction experienced by the energy sectors and the energy-intensive sectors. Gross domestic product (GDP) at market prices decreases relative to the BAU scenario, both in 2010 and in the longer term, by 1.05 percent and 1.48 percent, respectively.

The proceeds of the sale of carbon permits are returned in a lump-sum fashion to the household sector, to fund consumption and savings. However, this additional revenue is not large enough to compensate for the decline in wages and dividend income received from firms. As a result, the representative household's permanent income decreases. In addition, the increase in the consumption price of various commodities translates into a higher price for aggregate consumption. It follows that households reduce their aggregate consumption, which produces a welfare loss estimated at 0.27 percent. It is worth calling to the reader's attention the fact that this measure of welfare change is not directly comparable with the one reported in static general equilibrium models. Our measure is an indication of the percentage change in the household consumption stream (over the whole lifetime period) in the BAU case, which will yield the same utility level as the one given by the reform. Referring to Goulder and Eichengreen (1992), given the homothetic property of the representative household's preferences, this change may also be viewed as the percentage change in its total wealth that will allow it to have, in the BAU scenario, the same intertemporal utility as the one obtained with the reform. A negative value for the welfare measure indicates a loss of welfare.[20]

The change in relative prices due to the increase in energy costs affects the economy's sectors differently (Table 5). It follows that the trade patterns are impacted differently among sectors. On the supply side, the energy-producing sectors and the energy-intensive sectors experience a significant decline in exports as a result of the increase in their production costs or the decrease in their composite output. Total exports fall by 0.95 percent and 3.01 percent from the BAU case, respectively, in 2010 and in the long run. The requirement of an intertemporal equilibrium in the balance of payments induces some appropriate changes in the imports of different commodities through an adjustment of the real exchange rate. At the aggregate level, total imports fall by 2.08 percent and 1.93 percent, respectively, in 2010 and in the long run. Still, the pattern of change varies from one sector to another. In some sectors, like iron and steel and petroleum products, imports increase in order to compensate for the decline in the production of domestic firms, in spite of the contraction of their total domestic demand. In other sectors, such as "other manufacturing", imports decrease despite an increase in total demand.

Sensitivity Analysis

Given the conjectural nature of some parameter values, we performed sensitivity analyses. The first set of simulations pertains to the structure of the market, while the other relates to the values of the elasticities of substitution/transformation in technology and trade (CES and CET functions). In the first set of sensitivity analyses, we increase firms' market power by 25% in one simulation while assuming perfect competition in all industries. In the second set of sensitivity analyses, we perform five simulations in which we consider lower and higher values separately for the elasticities of substitution in technology and trade, and a combination of the lower values for the elasticities in technology and trade. The results for these different cases are presented in Tables 8 and 9.

Table 8
Sensitivity Analysis – Market Structure

Variable	Year	Base Scenario: Imperfect Competition with Base Values for Firms' Market Power	Sensitivity Analysis: Imperfect Competition with Higher Values for Firms' Market Power*	Sensitivity Analysis: Perfect Competition
Carbon Price ($/Ton of CO_2)**	2010	29.24	29.13	29.56
	2012	28.26	28.14	28.59
	Long Run	25.92	25.77	26.35
GDP***	2010	-1.05	-1.06	-1.02
	2012	-1.19	-1.20	-1.17
	Long Run	-1.48	-1.48	-1.47
Imports	2010	-2.08	-2.07	-2.12
	2012	-2.04	-2.04	-2.06
	Long Run	-1.93	-1.93	-1.91
Exports	2010	-0.95	-0.95	-0.95
	2012	-1.62	-1.61	-1.62
	Long Run	-3.01	-3.02	-2.96
Trade Deficit	2010	-0.36	-0.36	-0.37
	2012	-0.10	-0.10	-0.11
	Long Run	0.45	0.46	0.44
Government Deficit	2010	-1.97	-0.18	-2.32
	2012	0.03	-1.83	0.02
	Long Run	0.10	0.09	0.11
Welfare ****		-0.27	-0.30	-0.23

Source: Simulation Results.

* Firms' market power parameters have been increased by 25 percent.

** In CAN$1995.

*** At market prices, expressed as a % deviation from business-as-usual (BAU) case.

**** As a % of business-as-usual (BAU) consumption stream; see text for explanation.

Table 9
Sensitivity Analysis – Technology and Trade Parameters
"Kyoto Forever" Scenario with Imperfect Competition and Base Values for Firms' Market Power

Variable	Year	Base Scenario	Substitution Elasticities Between Capital and Labour		Substitution Elasticities in Armington and CET Functions		Low Values for Substitution Elasticities in Technology and Trade
			Lower Values	Higher Values	Lower Values	Higher Values	
Carbon Price ($/Ton of CO_2)*	2010	29.24	37.39	24.19	32.13	27.06	41.73
	2012	28.26	35.70	23.50	31.01	26.13	39.90
	Long Run	25.92	32.43	21.64	28.49	23.83	36.44
GDP**	2010	-1.05	-1.20	-0.95	-1.09	-1.02	-1.26
	2012	-1.19	-1.38	-1.07	-1.24	-1.15	-1.45
	Long Run	-1.48	-1.69	-1.34	-1.52	-1.44	-1.77
Imports	2010	-2.08	-2.19	-2.00	-2.19	-1.96	-2.36
	2012	-2.04	-2.13	-1.97	-2.16	-1.92	-2.32
	Long Run	-1.93	-2.00	-1.87	-2.07	-1.78	-2.23
Exports	2010	-0.95	-0.77	-1.06	-1.08	-0.86	-0.92
	2012	-1.62	-1.65	-1.59	-1.76	-1.49	-1.85
	Long Run	-3.01	-3.27	-2.82	-3.14	-2.84	-3.51
Trade Deficit	2010	-0.36	-0.47	-0.30	-0.35	-0.35	-0.47
	2012	-0.10	-0.12	-0.09	-0.09	-0.11	-0.11
	Long Run	0.45	0.53	0.40	0.45	0.44	0.54
Government Deficit	2010	-1.97	-2.46	-1.65	-2.13	-1.84	-2.71
	2012	0.03	0.05	0.02	0.05	0.03	0.07
	Long Run	0.10	0.12	0.08	0.10	0.09	0.13
Welfare***		-0.27	-0.32	-0.25	-0.28	-0.27	-0.33

Source: Simulation Results.
* In CAN$1995.
** At factor costs, expressed as a % deviation from business-as-usual (BAU) case.
*** As a % of business-as-usual (BAU) consumption stream; see text for explanation.

In all of these scenarios, the direction of change of the key variables is the same as in the main simulation; only the magnitude of these changes varies from one scenario to the other. The results presented in Table 8 indicate that market structure does have a substantial impact on the measure of welfare change resulting from the implementation of the Kyoto Protocol in Canada. In a perfectly competitive framework, the welfare loss caused by the reform is 0.23 percent, compared with 0.27 percent in the imperfect competition reference case,[21] which amounts to an underestimation of 15 percent. When we consider the higher market power scenario, the welfare loss is evaluated at 0.30 percent, an underestimation of 30 percent compared to the perfect competition case. The impact of market structure on the welfare loss is quite straightforward, given the explanations about the mechanisms in play described previously. When production costs increase, the monopolistic firm reduces its production more than a perfectly competitive firm would do. In other words, the monopolistic firm charges a higher price for the domestic good, which produces a sharper reduction in welfare. Moreover, non-competitive firms underinvest, resulting in a lower aggregate capital stock and, thus, in lower income for households, by comparison with a perfect competition framework.

The measure of the change in welfare, which takes into account all the years spanning the representative household lifetime, is a better indicator of the impact of the reform, compared to the change in GDP, which measures the impact of the reform in a single year. Even though the difference observed in annual GDP changes from one market structure to another is not large, the welfare change does show a substantial variation between the different market structures.

The results of the sensitivity analyses done on the elasticities of substitution in technology and trade reveal the impact of these parameters on the carbon permit price. As expected, the greater the ease of substitution among production factors, the lower the price of the carbon permit and the lower the costs to the economy. Finally, the results from the sensitivity analyses done on the trade parameters indicate that the carbon permit price and the measure of welfare loss decrease with an increase in the elasticities of the Armington and the CET functions.

4. CONCLUSIONS

In this paper, we have developed a single-country, multi-sector and forward-looking dynamic general equilibrium model to study the welfare, growth, and sectoral effects of compliance to the Kyoto Protocol in Canada. In contrast with other studies, we do not assume that all sectors are perfectly competitive. Rather, we modelled product markets in a monopolistic competition setting. We restricted our analysis to carbon dioxide emissions, which comprise the largest share of total greenhouse gases in Canada. In particular, we consider the "Kyoto forever" scenario, where Canada achieves its emissions target in 2010 and stays at this level constantly thereafter, using a cost-effective policy instrument represented by an auction market for carbon emission permits.

We have run simulations in relation to compliance to the Kyoto Protocol, and endogenously determined the price of the carbon permit required to achieve Canada's emission target in the appropriate years. Our analysis has allowed us to estimate the impact on output, investment, consumption, prices, GDP and welfare. As expected, the energy-producing sectors and the energy-intensive sectors suffer the most from the restriction of carbon dioxide emissions, while other sectors benefit from the change in the composition of demand. The measure of welfare change associated with compliance to the Protocol is evaluated at -0.27 percent when we assume a reasonable value for the market power of monopolistic firms. In the long run, the change in GDP relative to the BAU scenario is estimated at -1.5 percent, while the price of the carbon permit required to achieve Canada's objective is estimated at approximately \$29.20/ton of CO_2 (CAN\$1995) in 2010.

Our simulation results highlight the desirability of incorporating an imperfectly competitive market structure in estimating the costs of the reform, notably on welfare. We found that the underestimation of the welfare costs, assuming a perfectly competitive market structure, may be as high as 30 percent.

Still, we should mention that the cost estimates presented in this study should be considered an upper limit on the true costs of compliance to the Kyoto Protocol, for at least two reasons: first, we have not considered other greenhouse gases, and second, we have only envisaged implementation of the Protocol at the national level, while international co-ordination among Annex-B countries in the market for tradable permits may contribute to reduce the penalty associated with the use of fossil fuels by economic agents in Canada. Finally, it is important to note that the economic costs of compliance to the Protocol should be compared to the potential benefits resulting from a lower accumulation of carbon dioxide in the atmosphere.

NOTES

1 Howaston and Campfens (1997) and Wigle (2001) provide interesting reviews of different studies focussing on the economic impact on Canada of greenhouse gas reductions.

2 See, for example, Ambler and Cardia (1998), Devereux, Head and Lapham (1996), Gali (1994) and Keuschnigg and Kohler (1996).

3 With free access to world capital markets, bonds and domestic equities have the same yield as international assets.

4 Because of the presence of increasing returns to scale in the technology of value added, labour and capital demands are indeed affected by firms' market power.

5 μ^j is the absolute value of the inverse of the perceived price elasticity of the composite output demand. In competitive sectors, $\mu^j = 0$. The share of value added in the composite output is sv^j.

6 K^j_{t+1} is the level of the capital stock in sector j.

7 The assumption of homothetic technology, with the implication of no-rationalization effect at the firm level, has also been made by Keuschnigg and Kohler (1996) and Rotemberg and Woodford (1996). See Hertel (1994) and Brown (1991) for discussions of the non-homothetic technology case.

8 $\mu^j_d = 0$ for competitive firms.

9 When expressed per efficiency unit of labour.

10 Note that the latter includes capital installation costs.

11 Note that exports are not subject to this penalty.

12 The 14th commodity represents non-competitive imports (i.e. goods not produced in Canada) like tea, coffee, etc.

13 Rotemberg and Woodford (1995) use a mark-up of 20 percent in their study of the United States, while Keuschnigg and Kohler (1996) use a mark-up of 11 to 25 percent in their study of Austria.

14 This composite output is made up of the domestic and export goods.

15 See Gagnon (1990) for more details on this method.

16 We apply the same rate of 26.5 percent to CO_2 emissions and to total GHG emissions.

17 Carbon permit prices are expressed in $CAN1995.

18 Since no limit is imposed on CO_2 emissions before 2010, these emissions are considered a free good whose price is zero.

19 Note that electricity is produced by using, among other inputs, fossil fuels.

20 See Dissou (2001) and Goulder and Eichengreen (1992) for details on the computation of this welfare measure.

21 We caution the reader not to be misled by the seemingly small magnitudes of the measures of welfare change used in this study.

BIBLIOGRAPHY

Ambler, S., and E. Cardia. "The Cyclical Behaviour of Wages and Profits under Imperfect Competition." *Canadian Journal of Economics* 31 (1998): 148-64.

Ambler, S., E. Cardia and J. Farazli. "Export Promotion, Learning by Doing and Growth." *Canadian Journal of Economics* 32 (1999): 747-72.

Bernstein, P.M., W.D. Montgomery and T.F. Rutherford. "Global Impacts of the Kyoto Agreement: Results from the MS-MRT Model." *Resource and Energy Economics* 21 (1999): 375-413.

Bovenberg, A.L., and R. de Mooij. "Environmental Levies and Distortionary Taxation." *American Economic Review* 84 (1994a): 1085-89.

_____. "Environmental Taxes and Labour-Market Distortions." *European Journal of Political Economy* 10 (1994b): 655-83.

Brown, D.K. "Tariffs and Capacity Utilization by Monopolistically Competitive Firms." *Journal of International Economics* 30 (1991): 371-81.

Carraro, C., and M. Galeotti. "WARM: A European Model for Energy and Environmental Analysis, Environmental Modeling and Assessment." *Journal of Money, Credit and Banking* 28,1 (1996): 171-89.

Devereux, M.B., A.C. Head and B.J. Lapham. "Monopolistic Competition, Increasing Returns, and the Effects of Government Spending." *Journal of Money, Credit and Banking* 28 (1996): 233-54.

Dissou, Y. "Dynamic Effects in Senegal of Regional Trade Agreement Among UEMOA Countries." *Review of International Economics*. 2001.

Gagnon, J.E. "Solving Stochastic Growth Models by Deterministic Extended Path." *Journal of Business Economics and Statistics* 8 (1990): 35-8.

Gali, J. "Monopolistic Competition, Business Cycles, and the Composition of Aggregate Demand." *Journal of Economic Theory* 63 (1994): 73-96.

Goulder, H., I.W.H. Parry, R.C. Williams III and D. Burtraw. "The Cost-Effectiveness of Alternative Instruments for Environmental Protection in a Second-Best Setting." *Journal of Public Economics* 72 (1999): 329-60.

Goulder, L.H., and B. Eichengreen. "Trade Liberalization in General Equilibrium: Intertemporal and Inter-industry Effects." *Canadian Journal of Economics* 25 (1992): 253-80.

Hayashi, F. "Tobin's Marginal *q* and Average *q*: A Neoclassical Interpretation." *Econometrica* 95 (1982): 151-93.

Hertel, T.W. "The 'Procompetitive' Effects of Trade Policy Reform in a Small, Open Economy." *Journal of International Economics* 36 (1994): 391-411.

Howaston, A., and J. Campfens. "The Economic Impact on Canada of Greenhouse Gas Reductions: A Comparative Review." The Conference Board of Canada, *Business and the Environment Research Program*, 1997.

Keuschnigg, C., and W. Kohler. "Commercial Policy and Dynamic Adjustment under Monopolistic Competition." *Journal of International Economics* 40 (1996): 373-409.

Mckibbin, W.J., and P.J. Wilcoxen. "The Theoretical and Empirical Structure of the G-Cubed Model." *Economic Modelling* 16 (1999): 123-48.

Mercenier, J., and E. Yeldan. "On Turkey's Trade Policy Reform: Is a Custom's Union with Europe Enough?" *European Economic Review* 41 (1997): 871-80.

Rotemberg, J.J., and M. Woodford. "Dynamic General Equilibrium Models with Imperfectly Competitive Product Markets." in *Frontiers of Business Cycle Research*. C.T.F. Princeton University Press, 1995.

_____. "Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity." *Journal of Money, Credit and Banking* 28 (1996): 550-77.

Wigle, R. "Sectoral Impacts of Kyoto Compliance." Draft Industry Canada Working Paper, 1999.

_____. "*Sectoral Impacts of Kyoto Compliance*. Working Paper No. 34, Industry Canada, 2001.

INDUSTRY CANADA RESEARCH PUBLICATIONS

INDUSTRY CANADA WORKING PAPER SERIES

No. 1 **Economic Integration in North America: Trends in Foreign Direct Investment and the Top 1,000 Firms**. Micro-Economic Policy Analysis staff including John Knubley, Marc Legault, and P. Someshwar Rao, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Canadian-Based Multinationals: An Analysis of Activities and Performance**. Micro-Economic Policy Analysis staff including P. Someshwar Rao, Marc Legault, and Ashfaq Ahmad, Industry Canada, 1994.

No. 3 **International R&D Spillovers Between Industries in Canada and the United States**. Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1994.

No. 4 **The Economic Impact of Mergers and Acquisitions on Corporations**. Gilles Mcdougall, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 5 **Steppin' Out: An Analysis of Recent Graduates Into the Labour Market**. Ross Finnie, School of Public Administration, Carleton University, and Statistics Canada, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Measuring the Compliance Cost of Tax Expenditures: The Case of Research and Development Incentives**. Sally Gunz and Alan Macnaughton, University of Waterloo, and Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 7 **Governance Structure, Corporate Decision-Making and Firm Performance in North America**. P. Someshwar Rao and Clifton R. Lee-Sing, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 8 **Foreign Direct Investment and APEC Economic Integration**. Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao, and Colleen Barnes, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 9 **World Mandate Strategies for Canadian Subsidiaries**. Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 10 **R&D Productivity Growth in Canadian Communications Equipment and Manufacturing**. Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 11 **Long-Run Perspective on Canadian Regional Convergence**. Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, and Frank C. Lee, Industry Canada, 1996.

No. 12 **Implications of Technology and Imports on Employment and Wages in Canada**. Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 13 **The Development of Strategic Alliances in Canadian Industries: A Micro Analysis**. Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 14 **Employment Performance in the Knowledge-Based Economy**. Surendra Gera, Industry Canada, and Philippe Massé, Human Resources Development Canada, 1996.

No. 15 **The Knowledge-Based Economy: Shifts in Industrial Output**. Surendra Gera, Industry Canada, and Kurt Mang, Department of Finance, 1997.

No. 16 **Business Strategies of SMEs and Large Firms in Canada**, Gilles Mcdougall and David Swimmer, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 17 **Impact of China's Trade and Foreign Investment Reforms on the World Economy**, Winnie Lam, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 18 **Regional Disparities in Canada: Characterization, Trends and Lessons for Economic Policy**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Inter-Industry and U.S. R&D Spillovers, Canadian Industrial Production and Productivity Growth**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 20 **Information Technology and Labour Productivity Growth: An Empirical Analysis for Canada and the United States**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 21 **Capital-Embodied Technical Change and the Productivity Growth Slowdown in Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 23 **Restructuring in Canadian Industries: A Micro Analysis**, Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 24 **Canadian Government Policies Toward Inward Foreign Direct Investment**, Steven Globerman, Simon Fraser University and Western Washington University, and Daniel Shapiro, Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 25 **A Structuralist Assessment of Technology Policies – Taking Schumpeter Seriously on Policy**, Richard G. Lipsey and Kenneth Carlaw, Simon Fraser University, with a contribution by Davit D. Akman, research associate, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 26 **Intrafirm Trade of Canadian-Based Foreign Transnational Companies**, Richard A. Cameron, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 27 **Recent Jumps in Patenting Activities: Comparative Innovative Performance of Major Industrial Countries, Patterns and Explanations**, Mohammed Rafiquzzaman and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 28 **Technology and the Demand for Skills: An Industry-Level Analysis**, Surendra Gera and Wulong Gu, Industry Canada, and Zhengxi Lin, Statistics Canada, 1999.

No. 29 **The Productivity Gap Between Canadian and U.S. Firms**, Frank C. Lee and Jianmin Tang, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 30 **Foreign Direct Investment and Productivity Growth: The Canadian Host-Country Experience**, Surendra Gera, Wulong Gu and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 31 **Are Canadian-Controlled Manufacturing Firms Less Productive than their Foreign-Controlled Counterparts?** Someshwar Rao and Jianmin Tang, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 2000.

No. 32 **The Canada-U.S. Productivity Growth Paradox**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 33 **R&D Propensity and Productivity Performance of Foreign-Controlled Firms in Canada.** Jianmin Tang and Someshwar Rao. Micro-Economic Policy Analysis. Industry Canada. 2001.

No. 34 **Sectoral Impacts of Kyoto Compliance.** Randall Wigle. Wilfrid Laurier University. under contract with Industry Canada. 2001.

No. 35 **Economic Impact of Carbon Abatement Policies and Market Structure: A Dynamic General Equilibrium Analysis with Imperfect Competition.** Yazid Dissou. Carolyn Mac Leod and Mokhtar Souissi. Micro-Economic Policy Analysis. Industry Canada. 2002.

No. 36 **Foreign Direct Investment and Domestic Capital Formation.** Walid Hejazi and Peter Pauly. University of Toronto. under contract with Industry Canada. 2002.

INDUSTRY CANADA DISCUSSION PAPER SERIES

No. 1 **Multinationals as Agents of Change: Setting a New Canadian Policy on Foreign Direct Investment.** Lorraine Eden. Carleton University. under contract with Industry Canada. 1994.

No. 2 **Technological Change and International Economic Institutions.** Sylvia Ostry. Centre for International Studies. University of Toronto. under contract with Industry Canada. 1995.

No. 3 **Canadian Corporate Governance: Policy Options.** Ronald. J. Daniels. Faculty of Law. University of Toronto. and Randall Morck. Faculty of Business. University of Alberta. under contract with Industry Canada. 1996.

No. 4 **Foreign Direct Investment and Market Framework Policies: Reducing Frictions in APEC Policies on Competition and Intellectual Property.** Ronald Hirshhorn. under contract with Industry Canada. 1996.

No. 5 **Industry Canada's Foreign Investment Research: Messages and Policy Implications.** Ronald Hirshhorn. under contract with Industry Canada. 1997.

No. 6 **International Market Contestability and the New Issues at the World Trade Organization.** Edward M. Graham. Institute for International Economics. Washington (D.C.). under contract with Industry Canada. 1998.

No. 7 **Implications of Foreign Ownership Restrictions for the Canadian Economy – A Sectoral Analysis.** Steven Globerman. Western Washington University. under contract with Industry Canada. 1999.

No. 8 **Determinants of Canadian Productivity Growth: Issues and Prospects.** Richard G. Harris. Simon Fraser University and Canadian Institute for Advanced Research. under contract with Industry Canada. 1999.

No. 9 **Is Canada Missing the "Technology Boat"? Evidence from Patent Data.** Manuel Trajtenberg. Tel Aviv University. National Bureau of Economic Research and Canadian Institute for Advanced Research. under contract with Industry Canada. 2000.

No. 10 **North American Economic Integration: Issues and Research Agenda.** Richard G. Harris. Simon Fraser University. under contract with Industry Canada. 2001.

No. 12 **The Irish Economic Boom: Facts, Causes, and Lessons.** Pierre Fortin. Université du Québec à Montréal and Canadian Institute for Advanced Research. under contract with Industry Canada. 2002.

INDUSTRY CANADA OCCASIONAL PAPER SERIES

No. 1 **Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: The Country Chapters**. Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald, and Christopher Wilkie, Industry Canada, 1994.

Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: Summary and Conclusions. Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, and John Knubley, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Business Development Initiatives of Multinational Subsidiaries in Canada**. Julian Birkinshaw, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 3 **The Role of R&D Consortia in Technology Development**. Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Carleton University, and Sunder Magun, Centre for Trade Policy and Law, University of Ottawa and Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 4 **Gender Tracking in University Programs**. Sid Gilbert, University of Guelph, and Alan Pomfret, King's College, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 5 **Competitiveness: Concepts and Measures**. Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Institutional Aspects of R&D Tax Incentives: The SR&ED Tax Credit**. G. Bruce Doern, School of Public Administration, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 7 **Competition Policy as a Dimension of Economic Policy: A Comparative Perspective**. Robert D. Anderson and S. Dev Khosla, Economics and International Affairs Branch, Bureau of Competition Policy, Industry Canada, 1995.

No. 8 **Mechanisms and Practices for the Assessment of the Social and Cultural Implications of Science and Technology**. Liora Salter, Osgoode Hall Law School, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 9 **Science and Technology: Perspectives for Public Policy**. Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 10 **Endogenous Innovation and Growth: Implications for Canada**. Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal and Canadian Institute for Advanced Research, and Elhanan Helpman, Tel Aviv University and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 11 **The University-Industry Relationship in Science and Technology**. Jérôme Doutriaux, University of Ottawa, and Margaret Barker, Meg Barker Consulting, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 12 **Technology and the Economy: A Review of Some Critical Relationships**. Michael Gibbons, University of Sussex, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 13 **Management Skills Development in Canada**. Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 14 **The Human Factor in Firm's Performance: Management Strategies for Productivity and Competitiveness in the Knowledge-Based Economy**. Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 15 **Payroll Taxation and Employment: A Literature Survey**. Joni Baran, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 16 **Sustainable Development: Concepts, Measures, Market and Policy Failures at the Open Economy, Industry and Firm Levels**. Philippe Crabbé, Institute for Research on the Environment and Economy, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 17 **Measuring Sustainable Development: A Review of Current Practice**. Peter Hardi and Stephan Barg, with Tony Hodge and Laszlo Pinter, International Institute for Sustainable Development, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 18 **Reducing Regulatory Barriers to Trade: Lessons for Canada from the European Experience**. Ramesh Chaitoo and Michael Hart, Centre for Trade Policy and Law, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Analysis of International Trade Dispute Settlement Mechanisms and Implications for Canada's Agreement on Internal Trade**. E. Wayne Clendenning and Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., under contract with Industry Canada, 1997.

No. 20 **Aboriginal Businesses: Characteristics and Strategies for Growth**. David Caldwell and Pamela Hunt, Management Consulting Centre, under contract with Aboriginal Business Canada, Industry Canada, 1998.

No. 21 **University Research and the Commercialization of Intellectual Property in Canada**. Wulong Gu and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 22 **A Regional Perspective on the Canada-U.S. Standard of Living Comparison**. Raynald Létourneau and Martine Lajoie, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 2000.

No. 23 **Linkages Between Technological Change and Productivity Growth**. Steven Globerman, Western Washington University, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 24 **Investment and Productivity Growth – A Survey From the Neoclassical and New Growth Perspectives**. Kevin J. Stiroh, Federal Reserve Bank of New York, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 25 **The Economic Determinants of Innovation**. Randall Morck, University of Alberta, and Bernard Yeung, New York University, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 26 **SMEs, Exports and Job Creation: A Firm-Level Analysis**. Élisabeth Lefebvre and Louis A. Lefebvre, CIRANO and École Polytechnique de Montréal, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 27 **The Location of Higher Value-Added Activities**, Steven Globerman, Western Washington University, under contract with Industry Canada, 2001.

CANADA IN THE 21ST CENTURY SERIES

No. 1 **Global Trends: 1980-2015 and Beyond**. J. Bradford DeLong, University of California, Berkeley, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 2 **Broad Liberalization Based on Fundamentals: A Framework for Canadian Commercial Policy**. Randall Wigle, Wilfrid Laurier University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 3 **North American Economic Integration: 25 Years Backward and Forward**. Gary C. Hufbauer and Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), under contract with Industry Canada, 1998.

No. 4 **Demographic Trends in Canada, 1996-2006: Implications for the Public and Private Sectors**, David K. Foot, Richard A. Loreto, and Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 5 **Capital Investment Challenges in Canada**, Ronald P.M. Giammarino, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 6 **Looking to the 21st Century – Infrastructure Investments for Economic Growth and for the Welfare and Well-Being of Canadians**, Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, and Stéphanie Barker, Université de Montréal, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 7 **The Implications of Technological Change for Human Resource Policy**, Julian R. Betts, University of California, San Diego, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 8 **Economics and the Environment: The Recent Canadian Experience and Prospects for the Future**, Brian R. Copeland, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 9 **Individual Responses to Changes in the Canadian Labour Market**, Paul Beaudry and David A. Green, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 10 **The Corporate Response – Innovation in the Information Age**, Randall Morck, University of Alberta, and Bernard Yeung, University of Michigan, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 11 **Institutions and Growth: Framework Policy as a Tool of Competitive Advantage for Canada**, Ronald J. Daniels, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1998.

PERSPECTIVES ON NORTH AMERICAN FREE TRADE SERIES

No. 1 **Can Small-Country Manufacturing Survive Trade Liberalization? Evidence from the Canada-U.S. Free Trade Agreement**, Keith Head and John Ries, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 2 **Modelling Links Between Canadian Trade and Foreign Direct Investment**, Walid Hejazi and A. Edward Safarian, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 3 **Trade Liberalisation and the Migration of Skilled Workers**, Steven Globerman, Western Washington University and Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 4 **The Changing Industry and Skill Mix of Canada's International Trade**, Peter Dungan and Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 5 **Effects of the Canada-United States Free Trade Agreement on Interprovincial Trade**, John F. Helliwell, University of British Columbia, Frank C. Lee, Industry Canada, and Hans Messinger, Statistics Canada, 1999.

No. 6 **The Long and Short of the Canada-U.S. Free Trade Agreement**, Daniel Trefler, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

MONOGRAPH

Industry-Level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States, edited by Dale W. Jorgenson, Harvard University, and Frank C. Lee, Industry Canada, 2001.

RESEARCH VOLUME SERIES

No. 1 **Foreign Investment, Technology and Economic Growth**. Donald G. McFetridge ed., University of Calgary Press, 1991.

No. 2 **Corporate Globalization Through Mergers and Acquisitions**. L. Waverman ed., University of Calgary Press, 1991.

No. 3 **Multinationals in North America**. Lorraine Eden ed., University of Calgary Press, 1994.

No. 4 **Canadian-Based Multinationals**. Steven Globerman ed., University of Calgary Press, 1994.

No. 5 **Corporate Decision-Making in Canada**. Ronald J. Daniels and Randall Morck eds., University of Calgary Press, 1995.

No. 6 **Implications of Knowledge-Based Growth for Micro-Economic Policies**. Peter Howitt ed., University of Calgary Press, 1996.

No. 7 **The Asia Pacific Region in the Global Economy: A Canadian Perspective**. Richard G. Harris ed., University of Calgary Press, 1996.

No. 8 **Financing Growth in Canada**. Paul J.N. Halpern ed., University of Calgary Press, 1997.

No. 9 **Competition Policy and Intellectual Property Rights in the Knowledge-Based Economy**. Robert D. Anderson and Nancy T. Gallini eds., University of Calgary Press, 1998.

No. 10 **Productivity Issues in Canada**. Someshwar Rao and Andrew Sharpe eds., University of Calgary Press, 2002.

JOINT PUBLICATIONS

Capital Budgeting in the Public Sector. in collaboration with the John Deutsch Institute. Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Infrastructure and Competitiveness. in collaboration with the John Deutsch Institute. Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada. in collaboration with the C.D. Howe Institute. Jamie Benidickson. G. Bruce Doern. and Nancy Olewiler. 1994.

To obtain copies of documents published under Industry Canada's Research Publications Program. please contact:

Publications Officer
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor. West Tower
235 Queen Street
Ottawa. Ontario. K1A 0H5

Tel.: (613) 952-5704; Fax: (613) 991-1261; E-mail: mepa.apme@ic.gc.ca

Programme des publications
de recherche d'Industrie Canada

RÉPERCUSSIONS ÉCONOMIQUES DES POLITIQUES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CARBONE ET DE LA STRUCTURE DU MARCHÉ

Analyse d'équilibre général dynamique dans une situation de concurrence imparfaite

Par Yazid Dissou, Carolyn Mac Leod et Mokhtar Souissi**
Industrie Canada

** Maintenant à Finances Canada*

Document de travail n° 35
Octobre 2002

Industrie Canada Industry Canada
Canada

Programme des publications de recherche d'Industrie Canada

Le Programme des publications de recherche d'Industrie Canada fournit une tribune pour l'analyse des grands défis micro-économiques auxquels est confrontée l'économie canadienne et favorise un débat public éclairé sur ces questions. Sous l'égide de la Direction générale de l'analyse de la politique micro-économique, la collection des documents de recherche, qui s'inscrit dans le cadre de ce programme, englobe des documents de travail analytiques révisés par des pairs et des documents de discussion rédigés par des spécialistes sur des questions micro-économiques d'importance primordiale.

Les opinions exprimées dans ces documents de recherche ne reflètent pas nécessairement celles d'Industrie Canada ou du gouvernement fédéral.

Programme des publications
de recherche d'Industrie Canada

RÉPERCUSSIONS ÉCONOMIQUES DES POLITIQUES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CARBONE ET DE LA STRUCTURE DU MARCHÉ

Analyse d'équilibre général dynamique dans une situation de concurrence imparfaite

Par Yazid Dissou, Carolyn Mac Leod et Mokhtar Souissi**
Industrie Canada

** Maintenant à Finances Canada*

Document de travail n° 35
Octobre 2002

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Dissou, Yazid

Répercussions économiques des politiques de réduction des émissions de carbone et de la structure du marché : analyse d'équilibre général dynamique dans une situation de concurrence imparfaite

(Document de travail ; no 35)
Texte en anglais et en français disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit.: Economic impact of carbon abatement policies and market structure.
Comprend des références bibliographiques.
Publ. aussi sur l'Internet.
ISBN 0-662-66098-6
No de cat. C21-24/35-2002

1. Gaz à effet de serre -- Réduction -- Aspect économique -- Canada.
2. Gaz carbonique -- Réduction -- Aspect économique -- Canada.
3. Environnement -- Protection -- Aspect économique -- Canada.
4. Environnement -- Politique gouvernementale -- Aspect économique -- Canada.
5. Produit intérieur brut -- Canada.
I. Mac Leod, Carolyn.
II. Souissi, Mokhtar.
III. Canada. Industrie Canada.
IV. Titre.
V. Titre : Economic impact of carbon abatement policies and market structure.
VI. Coll.: Document de travail (Canada. Industrie Canada)

HC120.E5E57 2002 363.738'746'0971 C2001'980308-7F

Vous trouverez, à la fin du présent ouvrage, des renseignements sur les documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche et sur la façon d'en obtenir des exemplaires. Des sommaires des documents de recherche, ainsi que le texte intégral des cahiers de recherche publiés dans les diverses collections d'Industrie Canada et de *MICRO*, notre bulletin trimestriel, sont accessibles sur *Strategis*, le service d'information commerciale en direct du Ministère, à l'adresse http://strategis.gc.ca.

Prière d'adresser tout commentaire à :

Someshwar Rao
Directeur
Analyse des investissements stratégiques
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 941-8187
Téléc. : (613) 991-1261
Courriel : rao.someshwar@ic.gc.ca

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier Jean Mercenier, Serge Nadeau, Someshwar Rao et Cemile Sancak pour leurs propos et commentaires utiles. Les réserves habituelles s'appliquent. Les opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs. Elles ne reflètent pas celles des institutions auxquelles ils sont affiliés.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ ..... *i*

I. INTRODUCTION 1

2. LE MODÈLE 3
- Aperçu 3
- Les ménages 4
- Les entreprises 5
- Problème intertemporel 6
  - Décisions au cours de la période 8
  - Le gouvernement 9
- Importations et solde du compte courant 9
  - Autres composantes de la demande intérieure 9
- Émissions de dioxyde de carbone et permis d'émission de carbone 9
- Aspects dynamiques et conditions d'équilibre 10
- Stratégie de calibration et de résolution 11

3. SIMULATIONS 15
- Simulation principale : répercussions du Protocole de Kyoto au Canada dans un cadre de concurrence monopolistique sur le marché des produits 15
- Analyse de sensibilité 23

4. CONCLUSION 27

NOTES 29

BIBLIOGRAPHIE 31

PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA 33

RÉSUMÉ

Nous élaborons un modèle d'équilibre général dynamique prospectif pour étudier les effets agrégés et sectoriels probables des politiques de réduction des émissions de carbone. Par contraste avec d'autres études, nous faisons intervenir une structure de marché de concurrence imparfaite en utilisant un modèle de concurrence monopolistique chamberlinien. Les résultats de nos simulations montrent que tant les secteurs énergétiques que les secteurs à coefficient élevé d'énergie sont très sensibles aux restrictions imposées aux émissions de CO_2, tandis que les autres secteurs profitent du changement de la composition de la demande. Nos résultats font ressortir l'importance d'intégrer un cadre de marché de concurrence imparfaite dans l'estimation des répercussions de l'application du Protocole de Kyoto, notamment sur le plan du bien-être. L'utilisation d'un cadre de concurrence parfaite peut entraîner une sous-estimation des coûts de bien-être dans une proportion allant jusqu'à 30 p.100 en comparaison d'un cadre de concurrence monopolistique, sur la base d'estimations prudentes du pouvoir de marché des entreprises.

1. INTRODUCTION

Dans cette étude, nous évaluons les conséquences, sur les plans du bien-être et de la croissance, de l'adhésion du Canada au Protocole de Kyoto dans le contexte de marchés imparfaitement concurrentiels. La perspective d'un réchauffement planétaire, causé par l'accumulation dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES) provenant de l'activité humaine, a incité la collectivité internationale à prendre des mesures en vue de limiter ces émissions. En décembre 1997, 38 pays ont convenu de prendre des mesures appropriées et offrant un bon ratio coût-efficacité en vue de réduire d'au moins 5 p. 100, en équivalent carbone, leurs émissions de GES entre 2008 et 2012 par rapport à leur niveau de 1990. Selon les termes du Protocole, le Canada a accepté de plafonner ses émissions de GES à un niveau correspondant à 6 p. 100 sous leur niveau de 1990 en équivalent de dioxyde de carbone, tandis que les États-Unis et l'Union européenne se sont engagés à respecter un plafond correspondant à une réduction de 7 p. 100 et de 8 p. 100 de leurs émissions respectives.

Sur la base de projections récentes du Groupe de travail sur l'analyse et la modélisation (TAM), les émissions de GES devront être réduites de près de 26,5 p. 100 pour atteindre le niveau cible en 2010. Puisque le dioxyde de carbone, qui provient principalement de l'utilisation de combustibles fossiles, est une importante source d'émissions de GES, les restrictions de Kyoto auront des répercussions notables sur les coûts énergétiques. Parmi les diverses mesures de politique axées sur le marché que le Canada pourrait appliquer pour se conformer à l'engagement qu'il a pris dans le cadre du Protocole, nous examinons, dans la présente étude, l'adoption d'un système national de permis d'émission de carbone offerts aux enchères.

De nombreuses études reposant sur des cadres différents, allant d'analyses d'équilibre partiel à des analyses d'équilibre général, ont produit des estimations des effets probables de la conformité au Protocole de Kyoto au Canada. Le consensus qui semble ressortir de la documentation est qu'un modèle d'équilibre général convient davantage pour capter les répercussions directes et indirectes du Protocole. Mais, à notre connaissance, la plupart des modèles d'équilibre général élaborés pour évaluer l'impact économique du Protocole au Canada, par exemple ceux de Bernstein, Montgomery et Rutherford (1999), Mckibbin et Wilcoxen (1999) et Wigle (2001), s'inscrivent dans un cadre de concurrence parfaite[1]. Un tel cadre peut constituer un bon point de départ, mais il doit être élargi pour intégrer les aspects non concurrentiels de la structure du marché. De nombreuses études, comme celles de Carraro et Galeotti (1996) et Rotemberg et Woodford (1996), ont montré qu'il pouvait être très important de postuler une structure de marché imparfaite dans l'analyse de l'impact des hausses des prix énergétiques. Ainsi, dans leur étude des effets d'une augmentation du prix de l'énergie aux États-Unis, Rotemberg et Woodford (1996) ont observé que l'effet sur le PIB (perte) était beaucoup plus élevé en présence d'imperfections du marché que dans l'hypothèse d'une concurrence parfaite. Puisque, en concurrence imparfaite, l'avantage social marginal de la production est plus grand que son coût social marginal, la perte de bien-être découlant d'une réduction de la production imputable à une hausse du prix de l'énergie sera plus grande que dans un cadre de concurrence parfaite. En outre, un nombre croissant d'études soulignent la pertinence d'un cadre de concurrence imparfaite, non seulement pour l'analyse des réformes de prix sectorielles dans le cadre de modèles d'équilibre général, mais aussi pour l'analyse des politiques macroéconomiques dans le cadre de modèles globaux[2].

Dans cette étude, nous élaborons un modèle dynamique et prospectif d'équilibre général, avec concurrence imparfaite, pour étudier les effets sectoriels et globaux sur le bien-être de l'application intégrale du Protocole de Kyoto au Canada. En particulier, nous intégrons un cadre de concurrence chamberlinien à l'analyse afin de voir dans quelle mesure les entreprises s'éloignent d'une formule de prix fondée sur le coût marginal. Nous analysons les effets à long terme et les effets provisoires du

Protocole au Canada, en utilisant un régime national de permis d'émission de carbone pour les combustibles fossiles en tant qu'instrument de politique efficace et à moindre coût pour atteindre le niveau souhaité d'émissions de carbone. Nous évaluons la sous-estimation des pertes de bien-être et de PIB, le cas échéant, liées à l'hypothèse d'une concurrence parfaite sur tous les marchés. À notre connaissance, il s'agit du premier modèle d'équilibre général dynamique et prospectif qui intègre une structure de marché de concurrence imparfaite à l'analyse du Protocole de Kyoto, non seulement pour le Canada mais pour tout autre pays.

Notre modèle est inspiré de travaux récents dans ce domaine où l'on a employé des modèles d'équilibre général dynamiques avec concurrence imparfaite, notamment ceux d'Ambler, Cardia et Farazli (1999), Gali (1994), Mercenier et Yeldan (1997) et Rotemberg et Woodford (1996). Cependant, l'une des caractéristiques qui distinguent notre modèle de tous ces modèles de concurrence imparfaite est la prise en compte des coûts de rajustement en capital que doivent assumer toutes les entreprises, qu'elles soient concurrentielles ou non concurrentielles.

Le reste du document se présente comme suit. Nous débutons par une description intuitive du modèle au deuxième chapitre, pour ensuite analyser les données, les procédures de calibration et la stratégie de solution numérique au troisième chapitre. Notre interprétation des résultats des simulations est présentée au quatrième chapitre. Dans le dernier chapitre, nous présentons quelques commentaires en guise de conclusion. La liste complète des équations du modèle se trouve dans une annexe distincte, disponible auprès des auteurs.

2. LE MODÈLE

Aperçu

Nous élaborons un modèle d'équilibre général dynamique, prospectif et multisectoriel qui se caractérise par une concurrence imparfaite sur le marché des produits. Il s'agit d'un modèle néoclassique de type Ramsey, où le taux de croissance constant est de nature exogène et déterminé par un taux d'expansion démographique constant incorporant un progrès technologique neutre au sens de Harrod. Le Canada est considéré comme une petite économie ouverte qui produit et consomme des biens échangeables et qui a librement accès au marché mondial du capital.

Le modèle envisage trois types d'agents : les ménages, les entreprises et le gouvernement. Les deux premiers ont des comportements optimisants, tandis que le rôle du gouvernement est réduit à sa plus simple expression. Le modèle désagrège l'économie canadienne en treize secteurs de production (tableau 1) pour tenir compte des différences d'intensité énergétique entre les secteurs. La technologie est modélisée par diverses possibilités de substitution entre l'énergie et les facteurs de production autres que l'énergie, de manière à retracer tout changement structurel dans la production après la réforme.

Tableau 1
Désagrégation sectorielle

Acronyme	Description
AGRIC	Agriculture, pêche et exploitation forestière
IRON-ST*	Fer et acier
COAL*	Charbon
PET-GAS*	Pétrole brut et gaz naturel
OTH-MIN*	Autres minéraux
PAPER*	Pâtes et papiers
NON-FER*	Métaux non ferreux
CEMENT*	Ciment
REF-PETR	Pétrole raffiné
CHEMIC*	Produits chimiques
ELECTR*	Électricité
OTH-MANUF*	Autres produits manufacturés
SERV*	Services

* Secteur non concurrentiel.

Les biens échangeables sont différenciés selon leur origine et leur destination. Dix des treize secteurs productifs ont des rendements d'échelle croissants, ce qui force les entreprises à fixer le prix de leurs produits en appliquant un facteur de majoration à leurs coûts marginaux. Celles-ci jouissent d'un pouvoir de marché uniquement à l'égard des ventes réalisées sur le marché intérieur, puisque l'hypothèse selon laquelle le Canada est un petit pays ne leur offre pas la possibilité de fixer les prix sur le marché mondial. Nous modélisons les secteurs en supposant qu'il y règne une concurrence monopolistique de type chamberlinien entre grands groupes. Les utilisateurs finals des biens intérieurs différenciés de chaque secteur non concurrentiel ne sont concernés que par leur panier agrégé respectif.

Dans l'étude, nous nous intéressons uniquement aux émissions de CO_2 provenant de l'utilisation de combustibles fossiles : le charbon, le gaz naturel et les produits pétroliers. Pour atteindre les niveaux d'émissions de CO_2 prescrits dans le Protocole, un permis d'émission de carbone dont le prix est endogène est imposé pour les utilisations intérieures de tous les combustibles fossiles. Pour faire abstraction des effets sur la croissance attribuables à l'augmentation de la population et au progrès technologique, nous exprimons les variables du modèle par unité d'efficience.

Les ménages

Envisageons une économie constituée, à chaque période, d'un nombre donné de ménages de durée infinie, nombre qui augmente à un taux constant en supposant un progrès technologique neutre au sens de Harrod. Nous modélisons leur comportement à l'aide d'un ménage représentatif qui détient les facteurs de production primaires sur le marché intérieur. Ce ménage a accès au marché mondial du capital, où il peut emprunter ou prêter à un taux d'intérêt exogène constant. Son portefeuille est constitué d'actions d'entreprises nationales, d'obligations gouvernementales et d'avoirs étrangers. Dans les conditions d'arbitrage appropriées, ce ménage représentatif détient toujours les trois types d'avoirs dans son portefeuille[3].

À chaque période, il reçoit un salaire pour le travail qu'il fournit. Il tire aussi d'autres revenus des dividendes versés par les entreprises nationales, des intérêts gagnés sur les autres avoirs financiers et des transferts nets reçus du gouvernement et du reste du monde. En outre, il reçoit tous les produits provenant de la vente des permis échangeables d'émission de carbone. Il verse des impôts sur la rémunération des facteurs de production primaires et consacre le reste de son revenu courant à la consommation et à l'épargne.

Le ménage représentatif détermine le sentier optimal de dépenses pour chaque bien en maximisant une fonction d'utilité intertemporelle assujettie à une contrainte budgétaire intertemporelle. Aux fins de la dérivation, nous limitons notre attention à une structure de préférences qui permet de distinguer la répartition intertemporelle des dépenses viagères de la répartition, au cours de la période, des dépenses consacrées aux divers biens. En conséquence, une formule de budgétisation en deux étapes peut être utilisée pour répartir le revenu viager du ménage entre la consommation et l'épargne.

Dans une perspective intertemporelle, le ménage représentatif maximise une fonction d'utilité intertemporelle additive, caractérisée par un taux constant de préférence temporelle et une fonction d'utilité isoélastique instantanée, assujettie à une séquence de contraintes budgétaires périodiques et à une règle de jeu non fondée sur le principe de Ponzi. L'argument de la fonction d'utilité instantanée est un agrégat de type Cobb-Douglas du loisir et un agrégat de la consommation (ou indice de consommation). Ce dernier est une fonction linéaire homogène de la demande du ménage pour différents biens. Les conditions de premier rang de ce problème d'optimisation intertemporel donnent les lois du mouvement de la consommation agrégée et de la richesse, sous forme d'équation standard de l'utilité marginale du loisir par rapport à la valeur marginale de la consommation. En solutionnant cette dernière équation, il est possible de démontrer que le loisir dépend de la consommation agrégée et de la rémunération réelle.

À partir de ces lois de mouvement, nous pouvons exprimer la consommation courante en tant que fonction de la richesse totale (financière et humaine) du ménage. Cependant, dans un contexte numérique, ce calcul n'est pas nécessaire. Les conditions de premier rang et une condition terminale appropriée suffisent pour déterminer le sentier de l'indice de la consommation. La consommation optimale traduit les prix relatifs de la consommation présente et future; une augmentation de l'indice des prix à la consommation réduit le taux d'intérêt réel en termes de consommation. Cela rend la consommation future moins attrayante et accroît la consommation présente. Par contre, en raison de la contrainte budgétaire,

une hausse de l'indice des prix à la consommation suscite un effet de revenu sur le niveau de la consommation par l'intermédiaire de la richesse financière et humaine totale du ménage.

À chaque période, le ménage représentatif répartit ses dépenses entre différents biens selon une règle de minimisation des coûts. Par hypothèse, l'indice de la consommation correspond à une fonction Cobb-Douglas des différents biens, ce qui suppose que les dépenses de consommation sont réparties entre les biens selon des parts fixes.

Les entreprises

L'ensemble des secteurs productifs est réparti en deux sous-groupes : les secteurs exploités sous des rendements d'échelle constants et ceux exploités sous des rendements d'échelle croissants. Les propriétés de non-convexité de la technologie des entreprises appartenant au second sous-groupe découlent de la présence de coûts fixes, qui creusent un écart entre le coût unitaire et le coût marginal. Les entreprises de ces secteurs ont un comportement non concurrentiel sur les marchés de leurs produits; elles fixent leurs prix en ajoutant un facteur de majoration à leurs coûts marginaux.

Du côté de la production, deux types de différenciation sont pris en considération dans le modèle. Premièrement, dans chaque secteur, les biens produits par les entreprises sont différenciés selon leur destination géographique. Nous modélisons cet aspect en supposant que chaque entreprise produit un bien composite, qui est un agrégat à élasticité de transformation constante (CET) des biens exportés et des biens vendus sur le marché intérieur. Deuxièmement, dans chaque secteur non concurrentiel, les entreprises produisent des biens différenciés (qui sont néanmoins des substituts rapprochés) pour le marché intérieur. Les produits composites des entreprises des secteurs non concurrentiels sont donc des substituts imparfaits. Les biens intérieurs différenciés produits dans chaque secteur non concurrentiel forment un produit composite unique auquel sont intéressés les consommateurs finals. Nous postulons une structure de préférences de type Dixit-Stiglitz pour l'ensemble des biens intérieurs différenciés de chaque secteur, ce qui signifie que chaque variété entre de façon symétrique dans la fonction d'agrégation. L'entreprise non concurrentielle exploite le pouvoir de monopole découlant de la connaissance de l'élasticité-prix de sa demande perçue sur le marché intérieur. En revanche, elle ne possède aucun pouvoir sur le marché d'exportation puisque nous avons fait l'hypothèse que le Canada est un petit pays. La capacité de fixer le prix sur le marché intérieur engendre un pouvoir de marché pour le produit composite que l'entreprise non concurrentielle exerce dans la détermination de son niveau optimal d'utilisation des facteurs de production.

Si une seule entreprise représentative suffit pour modéliser le comportement des entreprises dans les secteurs concurrentiels, nous supposons qu'à chaque période et dans chaque secteur non concurrentiel, il existe un nombre fini et élevé d'entreprises, chacune produisant une variété des biens différenciés. En faisant l'hypothèse que les entreprises peuvent entrer et sortir librement du marché, le nombre d'entreprises est endogène. Dans un contexte de concurrence monopolistique de type chamberlinien, chaque entreprise non concurrentielle agit comme si ses rivales ne réagissaient pas à sa stratégie de prix. En d'autres termes, l'entreprise non concurrentielle établit son prix en prenant pour acquis les prix demandés par ses concurrentes et le prix agrégé qui prévaut dans son industrie. Nous limitons notre examen à l'équilibre symétrique, où tous les producteurs de chaque secteur non concurrentiel demandent le même prix et produisent la même quantité du bien intérieur en utilisant la même technologie. Bien que cette situation ressemble à celle où l'on suppose une concurrence parfaite, elle en diffère dans la mesure où les entreprises non concurrentielles ajoutent à leurs coûts marginaux un facteur de majoration.

Dans tous les secteurs, le produit composite est obtenu en utilisant de la main-d'œuvre, du capital, de l'énergie et des intrants matériels. Une propriété de la technologie commune à tous les secteurs est qu'elle offre des possibilités de substitution entre les divers combustibles fossiles, entre les combustibles fossiles et non fossiles et entre l'énergie et les autres intrants. Cette technologie est décrite par une fonction à élasticité de substitution constante (CES) nichée, à multiples niveaux. Au niveau inférieur, le charbon, le pétrole raffiné et le gaz naturel forment l'agrégat des combustibles fossiles. Les combustibles fossiles et l'électricité forment l'agrégat de l'énergie. Ce dernier se conjugue à la valeur ajoutée (composite du capital et du travail) pour former le composite capital-travail-énergie. Enfin, le composite capital-travail-énergie se conjugue à l'agrégat des intrants matériels (biens non énergétiques), dans des proportions fixes, pour former le produit composite de l'entreprise. La différence entre les entreprises concurrentielles et non concurrentielles découle de la présence de coûts fixes dans la fonction de production du composite de la valeur ajoutée. En d'autres termes, la technologie du composite de la valeur ajoutée impose certains coûts fixes pour le travail et le capital, que l'on pourrait interpréter comme étant des dépenses de R-D, par exemple. Notre spécification de la technologie à valeur ajoutée reprend celle d'Ambler et Cardia (1998) et de Rotemberg et Woodford (1996) :

$$VA_t^i = V^i(K_t^i, L_t^i) - f_t^i \phi^i ,$$

où VA_t^i représente le volume sectoriel du composite de la valeur ajoutée, V^i est une fonction CES du stock de capital sectoriel, K_t^i, et de la demande de travail sectorielle, L_t^i, alors que f^i est le nombre d'entreprises et que ϕ^i est un paramètre lié aux coûts fixes. Dans les secteurs concurrentiels, $\phi^i = 0$. Cette spécification suppose non seulement que le capital et le travail sont utilisés comme facteurs fixes dans les secteurs non concurrentiels, mais qu'ils sont combinés dans la même proportion, quel que soit leur usage, comme facteurs fixes ou variables.

Puisque V^i est une fonction homogène linéaire, il s'ensuit que la technologie des entreprises dans les secteurs non concurrentiels est aussi homothétique, comme dans les secteurs concurrentiels. Cette propriété a certaines conséquences intéressantes, auxquelles nous reviendrons plus loin dans l'étude. En faisant les hypothèses appropriées de séparabilité, nous pouvons répartir les décisions des entreprises en problèmes d'optimisation intertemporel et au cours de la période. Dans leur problème intertemporel, les entreprises déterminent le cheminement optimal de leur produit composite, qu'elles répartissent à chaque période entre le marché intérieur et le marché d'exportation.

Problème intertemporel

Dans une perspective intertemporelle, les entreprises de tous les secteurs maximisent la valeur actualisée de la somme des rentrées nettes de fonds, actuelles et futures, sous la contrainte de l'accumulation du capital et en présence de coûts d'installation du capital, de manière à déterminer les profils optimaux d'utilisation des facteurs et de leur produit composite. À l'exemple de Hayashi (1982), nous faisons intervenir des coûts d'installation convexes, homogènes et linéaires (pour l'investissement et le stock de capital). En outre, nous supposons que les entreprises financent leurs dépenses d'investissement à même les bénéfices non répartis. En faisant l'hypothèse que les entreprises acceptent les prix sur les marchés des facteurs et qu'elles peuvent peut-être déterminer les prix sur les marchés des biens, il est possible de résoudre le problème intertemporel des entreprises pour obtenir les conditions optimales d'utilisation des facteurs. Ces conditions peuvent être réparties en deux groupes : celles qui sont touchées par l'exercice d'un pouvoir sur le marché des produits (travail et capital)[4] et celles qui ne le sont pas (intrants matériels et énergie).

Les conditions optimales pour le dernier groupe sont celles que l'on retrouve en optimisation statique; ce sont par conséquent les conditions habituelles. Les entreprises utilisent ces facteurs jusqu'au point où la valeur de leur produit marginal est égale à leur coût d'utilisation. À la lumière de l'analyse qui précède, le pouvoir que possède une entreprise sur le marché intérieur engendre un pouvoir sur le marché du produit composite dans les secteurs non concurrentiels. Dans ces secteurs, les entreprises utilisent le revenu marginal, $P^v_{it}(1 - \mu^j/sv^j)$, plutôt que le prix de la valeur ajoutée, P^v_{it}, pour déterminer les niveaux optimaux des facteurs primaires[5]. Il s'ensuit que le pouvoir de marché entraîne une baisse de la production. L'écart entre le revenu marginal et le prix de la valeur ajoutée dépend non seulement de l'élasticité-prix perçue de la demande pour le produit composite, mais aussi de la part de la valeur ajoutée dans ce dernier. Plus la part de la valeur ajoutée dans le produit composite est petite, plus grand est l'écart. Le raisonnement intuitif derrière ce résultat est simple : toute baisse du volume de la production composite doit être déterminée essentiellement par une réduction de la composante de la valeur ajoutée.

À chaque période, le stock de capital est déterminé par l'investissement passé, tandis que le travail est utilisé jusqu'au point où son revenu marginal est égal au taux de rémunération. À l'optimum, les entreprises investissent jusqu'au point où le coût marginal de l'investissement (c'est-à-dire le coût marginal d'acquisition et d'installation du capital) est égal à son avantage marginal, q^j_t, qui est le prix fictif d'une unité supplémentaire d'investissement. En remaniant cette condition d'investissement optimale, on peut aussi définir l'investissement comme une fonction du ratio du prix fictif du capital, q^j_t, et du prix d'achat du capital, P^k_t. Une autre condition d'optimalité du problème intertemporel des entreprises est l'équation d'Euler, qui décrit le mouvement du prix fictif du capital dans le temps, lequel dépend des avantages supplémentaires engendrés par une unité marginale d'investissement à la période courante. En imposant une condition de transversalité, ce qui permet d'écarter les bulles spéculatives, l'équation d'Euler peut être résolue de manière à produire une solution prospective pour le prix fictif du capital. Le prix fictif du capital est égal à la valeur actualisée des recettes nettes futures engendrées par une unité supplémentaire de capital installé à la période t. Puisque la mise en œuvre du Protocole de Kyoto fera sentir ses effets sur q^j_t et/ou P^k_t, cela influera sur les décisions d'investissement des entreprises et, partant, sur le cheminement optimal de la production. Il en va de même de la demande de main-d'œuvre : les entreprises non concurrentielles utilisent le produit marginal du capital dans l'évaluation du prix fictif du capital, qui est inférieur à la valeur de la productivité marginale du capital. Par conséquent, elles sous-investiront en comparaison des entreprises se trouvant en situation de concurrence. Ce sous-investissement de la part des entreprises non concurrentielles a aussi été noté par Keuschnigg et Kohler (1996) dans un cadre analytique sans coûts d'installation du capital.

La dérogation par rapport à la concurrence parfaite peut engendrer des bénéfices purs, ce qui empêchera l'identité de Hayashi entre la valeur marginale et la valeur moyenne de q de se maintenir. Cette possibilité est écartée dans notre modèle grâce à l'hypothèse de la liberté d'entrée et de sortie à chaque période. À mesure qu'augmente la rentabilité, les entreprises entrent dans les secteurs non concurrentiels jusqu'à ce que la condition de bénéfice nul pour chaque entreprise individuelle soit satisfaite. Cette condition détermine le nombre d'entreprises dans chaque secteur non concurrentiel. En outre, l'équation nous permet de rétablir l'identité entre la valeur marginale et la valeur moyenne de q, même lorsque les entreprises non concurrentielles peuvent avoir une influence sur les prix. En d'autres termes, en se référant à Hayashi (1982), la valeur de l'entreprise, V^j_t, pourrait être exprimée, à chaque période, par la relation suivante :

$$V^j_t = q^j_t K^n_{t+1}{}^{6}.$$

En outre, dans l'hypothèse de la liberté d'entrée et de sortie des entreprises, il n'y aura pas de rationalisation au niveau de l'entreprise dans les secteurs non concurrentiels suivant un changement des prix relatifs. De fait, avec une technologie homothétique, la production de chaque entreprise non concurrentielle est constante, puisque l'exploitation se déroule à échelle constante. Tout changement dans la production des secteurs non concurrentiels est déterminé par l'évolution du nombre d'entreprises[7].

Décisions au cours de la période

Les entreprises perçoivent leur marché d'exportation différemment de leur marché intérieur. Ayant déterminé le sentier optimal de la production composite, leur objectif, à chaque période, est de déterminer la répartition optimale de la production entre les deux marchés, avec la possibilité d'exercer un pouvoir sur le marché intérieur. Les ventes sont maximisées sous réserve de se trouver sur la frontière de transformation. Nous obtenons les conditions optimales de ce problème d'optimisation au cours de la période de la façon suivante :

(1) $$EX_{jt} = (A_j^x)^{-1-\sigma_j^x} X_{jt}^s \left[\frac{P_{jt}^x}{\delta_j^x (1-\mu_j^c) P_{jt}^s} \right]^{\sigma_j^x}$$

(2) $$XD_{jt}^s = (A_j^x)^{-1-\sigma_j^x} X_{jt}^s \left[\frac{P_{jt}^d (1-\mu_j^d)}{\delta_j^x (1-\mu_j^c) P_{jt}^s} \right]^{\sigma_j^x}$$

(3) $$(1-\mu_j^c) P_{jt}^s = \frac{1}{A_j^x} \left[(\delta_j^x)^{\sigma_j^x} (P_{jt}^x)^{1+\sigma_j^x} + (1-\delta_j^x)^{\sigma_j^x} \left[(1-\mu_j^d) P_{jt}^d \right]^{1+\sigma_j^x} \right]^{\frac{1}{1+\sigma_j^x}}$$

où X^s_{jt}, EX_{jt} et XD^s_{jt} sont, respectivement, l'offre du produit composite, celle du bien intérieur et celle du bien d'exportation, tandis que P^s_{jt}, P^x_{jt} et P^d_{jt} sont leurs prix respectifs. A^x_j et δ^x_j sont, respectivement, le paramètre de déplacement et celui de la part dans la fonction CET, tandis que μ^d_j et μ^c_j sont les paramètres du pouvoir de marché pour le bien intérieur et pour le produit composite, respectivement.

Les équations (1) et (2) sont les fonctions d'offre du bien d'exportation et du bien intérieur, respectivement. Notons, dans la fonction d'offre du bien intérieur, la présence d'un paramètre strictement positif, $\mu^d_j = |1/\varepsilon^d_j|$, où ε^d_j est l'élasticité perçue de la demande du bien intérieur par rapport à son propre prix. Avec des préférences de type Dixit-Stiglitz pour les biens différenciés et dans l'hypothèse d'un grand nombre d'entreprises, l'élasticité perçue de la demande par rapport au prix du produit, ε^d_j, est constante et égale à l'élasticité de substitution dans la fonction CES de type Dixit-Stiglitz[8].

À un prix donné sur le marché intérieur, les entreprises non concurrentielles réduiront leur offre sur ce marché. Exprimé différemment, pour un niveau donné de l'offre sur le marché intérieur, les entreprises non concurrentielles exigeront un prix plus élevé que sur un marché concurrentiel. L'équation (3) est une expression du multiplicateur de Lagrange du problème d'optimisation des entreprises au cours de la période. Il s'agit du revenu marginal provenant de la vente d'une unité supplémentaire du produit composite, égal à $P_{jt}(1-\mu^c_{jt})$, où μ^c_{jt} est la valeur absolue de l'inverse de l'élasticité-prix perçue de la demande du produit composite. Le lien entre les élasticités-prix du produit composite et du bien intérieur est alors établi. Plus la part du bien intérieur dans le produit composite est élevée, plus est grand le pouvoir de marché à l'égard du produit composite.

Le gouvernement

Dans ce modèle, le rôle du gouvernement est simplifié. Il consomme des biens et des services, G_i, qui sont fixes en termes réels[9], et il verse des transferts forfaitaires aux ménages. Il finance ses dépenses en percevant des impôts sur les ventes intérieures, les importations, les salaires et le revenu du capital, de même qu'en émettant des obligations. Le gouvernement est tenu d'avoir un budget équilibré d'une période à l'autre. Cette exigence peut être satisfaite par diverses règles budgétaires. Nous avons opté pour la formule des transferts forfaitaires du gouvernement aux ménages comme variable d'ajustement, de manière à ce que le ratio de l'endettement de l'État au produit intérieur brut demeure constant à chaque période (égal au ratio observé à l'état stationnaire initial). Tel qu'indiqué dans Mckibbin et Wilcoxen (1999), cette règle simple permet de respecter la contrainte de l'équilibre intertemporel du budget.

Importations et solde du compte courant

La demande intérieure totale de chaque bien est la somme des demandes correspondant à la consommation des ménages et du gouvernement, de l'investissement et des utilisations intermédiaires. C'est un agrégat de type Armington (CES) du bien intérieur et du bien importé. Un agent représentatif détermine la composition optimale de cet agrégat en appliquant une règle de minimisation des coûts. Nous obtenons les conditions standard pour la demande du bien importé et celle du bien intérieur, ainsi que le prix dual du produit composite CES. À noter que ce dernier ne correspond pas nécessairement au prix d'achat de la demande intérieure pour l'ensemble des biens. Dans le cas des combustibles fossiles, ce prix est majoré par le prix des permis échangeables, auxquels nous reviendrons plus loin dans l'étude.

À chaque période, le déficit du compte courant vient s'ajouter au niveau d'endettement. La condition de transversalité imposée au ménage représentatif, qui est responsable de l'endettement étranger, prévient l'explosion du stock de dettes. À chaque période, ce niveau doit être égal à la somme escomptée des soldes futurs du compte courant. Le taux de change réel est la variable d'ajustement qui permet de satisfaire à cette condition.

Autres composantes de la demande intérieure

Les autres composantes de la demande intérieure totale de chaque bien sont la demande d'investissement, par origine, et la demande de biens pour des usages intermédiaires (énergie et non-énergie). Nous supposons que le bien en capital utilisé aux fins d'investissement est identique dans tous les secteurs. Il s'agit d'un agrégat à proportions fixes (Léontief) de produits variés, vendu au prix P_i^k. Nous utilisons les coefficients fixes de la matrice d'investissement, $IMAT_{ij}$, pour déterminer la demande de chaque bien aux fins d'investissement, puisque nous connaissons la demande d'investissement par secteur de destination[10], laquelle augmente le stock de capital des entreprises. Le prix du bien en capital, P_i^k, est une moyenne pondérée des prix d'achat des différents biens qui le composent.

La demande de chaque bien énergétique destiné à une utilisation intermédiaire est la somme des demandes individuelles de toutes les entreprises. Puisque les biens intermédiaires autres qu'énergétiques sont utilisés dans des proportions fixes (technologie de Léontief), l'expression de leur demande peut être facilement dérivée de la connaissance de la valeur ajoutée.

Émissions de dioxyde de carbone et permis d'émission de carbone

Dans cette étude, nous supposons que les émissions de dioxyde de carbone proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles, en l'occurrence le charbon, le gaz naturel et les produits pétroliers. Afin de réduire le niveau d'émissions de dioxyde de carbone au Canada, une pénalité liée aux émissions de carbone est

imposée à la consommation de combustibles fossiles, ce qui hausse leur coût d'utilisation. L'obligation d'acheter un permis d'émission de carbone échangeable sert à représenter la pénalité appliquée aux émissions de carbone. Des permis sont requis pour tous les usages intérieurs (demande finale ou intermédiaire) de ces combustibles, peu importe leur origine (importation ou production intérieure)[11]. Par conséquent, le coût du permis vient s'ajouter au prix du produit composite d'Armington (constitué du bien intérieur et du bien importé) pour chacun des combustibles fossiles. Le montant requis de permis échangeables pour l'utilisation d'un combustible fossile donné varie positivement avec son contenu en dioxyde de carbone. Posons e^i, le facteur d'émission (le nombre de tonnes de dioxyde de carbone contenues dans une unité de combustible fossile), P_t^q, le prix unitaire du permis échangeable, exprimé en dollars/tonne de dioxyde de carbone, et $\overline{P_{jt}^c}$, le prix à la consommation du combustible fossile (sans permis). Le prix d'achat du combustible fossile, P_{jt}^c, en tenant compte du permis, est donc : $P_{jt}^c = \overline{P_{jt}^c} + e^i . P_t^q$. En d'autres termes, la valeur totale des permis requis par unité de combustible fossile est $e^i . P_t^q$.

Après avoir déterminé le niveau du facteur d'émission, e^i, le niveau total d'émissions de dioxyde de carbone peut être estimé à partir de la demande intérieure totale pour ces combustibles. Le prix unitaire d'équilibre du permis échangeable, P_t^q, est celui auquel le niveau total des émissions est égal au niveau souhaité. Le produit des ventes de permis d'émission de carbone est versé au ménage représentatif en un montant forfaitaire, de manière à avoir un effet neutre sur l'économie. Bien entendu, on peut envisager d'autres façons d'utiliser les recettes tirées de la vente des permis: elles produisent des résultats différents de ceux obtenus ici. Ainsi, les partisans de l'hypothèse du double dividende ont soutenu que l'utilisation des recettes provenant des taxes environnementales en vue de réduire ou de remplacer les impôts actuels ayant des effets de distorsion pourrait procurer des avantages supplémentaires à l'économie. Mais d'autres auteurs, par exemple Bovenberg et de Mooij (1994a), Bovenberg et de Mooij (1994b) et Goulder et coll. (1999) ont rejeté l'hypothèse du double dividende, en montrant que les taxes environnementales contribuent à aggraver les distorsions existantes.

Aspects dynamiques et conditions d'équilibre

Le caractère dynamique du modèle est représenté par deux types de variables. Premièrement, il y a les variables d'état, tel que le stock de capital, dont la valeur actuelle est déterminée par l'accumulation passée; deuxièmement, il y a les variables transitoires, par exemple la consommation globale et le prix fictif du capital, dont la valeur actuelle traduit exclusivement les circonstances futures. Les diverses conditions de transversalité imposées empêchent l'explosion du modèle.

Un équilibre intertemporel est représenté par une séquence de prix, de quantités et d'avoirs, tel que toutes les conditions d'optimalité soient satisfaites, que tous les agents respectent leur contrainte budgétaire, que nous ayons un équilibre temporaire (à la Grandmont) sur les marchés du travail et du bien intérieur à chaque période, et que le niveau total d'émissions de dioxyde de carbone soit exactement égal au niveau souhaité à chaque période.

La solution d'équilibre de ce modèle de concurrence imparfaite ne coïncidera pas avec la solution de planification centrale parce que les entreprises monopolistiques sous-investiront lorsqu'il y aura un changement de prix relatifs. Tel qu'indiqué dans Rotemberg et Woodford (1995) et dans Gali (1994), on pourra observer des équilibres multiples dans ce modèle dynamique de concurrence imparfaite. Néanmoins, notre attention demeure centrée sur le nouvel équilibre local, situé près de l'état stationnaire de référence.

Stratégie de calibration et de résolution

Le modèle a été calibré à l'aide de données de référence de 1995, obtenues en combinant des données de sources différentes. Ces données ont servi à construire une matrice de comptabilité sociale (MCS) pour le Canada comprenant treize secteurs et quatorze biens[12]. Le tableau 4 montre les caractéristiques sectorielles de cette MCS. Les données sur les émissions de dioxyde de carbone provenant des combustibles fossiles au Canada pour l'année 1995, publiées par Environnement Canada, nous permettent d'estimer la quantité de dioxyde de carbone émise par chaque secteur productif du modèle.

Nous avons calibré le modèle en supposant que les données observées sont le résultat d'un équilibre stationnaire — une pratique courante dans les modèles d'équilibre général appliqués. À cet équilibre, qui représente notre scénario du maintien du statu quo (MSQ), le taux de croissance du PIB réel est constant à 2,7 p. 100. Sur la base des projections faites par Environnement Canada pour le Groupe de travail sur l'analyse et la modélisation (TAM), les émissions totales de GES au Canada devraient augmenter de 14,5 p. 100 entre 1995 et 2010. Puisqu'il y a corrélation positive entre la croissance des émissions et la croissance économique, nous avons calibré l'intensité des émissions ou le facteur d'émission, e_i, de chaque combustible fossile, qui est une constante. L'intensité des émissions est définie par le volume d'émissions de dioxyde de carbone par unité de combustible fossile; elle est calculée à l'aide des données sur l'utilisation intérieure totale de ces combustibles qui figurent dans la MCS et des données sur les émissions totales de dioxyde de carbone pour chaque combustible fossile publiées par Environnement Canada (tableau 2). De plus, en utilisant les données sur les utilisations sectorielles de ces combustibles et en effectuant une normalisation appropriée des prix, nous pouvons calculer la quantité totale de dioxyde de carbone émise par chaque secteur productif.

Tableau 2
Émissions de CO_2 et consommation des divers types de combustibles, 1995

Combustible fossile	Émissions de CO_2 en millions de tonnes	Consommation intérieure de combustibles fossiles en millions de $	Ratio en milliers de tonnes de CO_2/$
Gaz naturel	145,2	16 437,3	8,8
Pétrole raffiné	216,4	17 987,8	12,0
Charbon	99,3	1 265,0	78,5
Total	460,9	35 690,1	—

Sources : Environnement Canada, Statistique Canada et calculs des auteurs.

Une procédure de calibration suppose habituellement la détermination de la valeur de certains paramètres de comportement et de certaines variables non observables, de façon à reproduire l'équilibre initial en utilisant, d'un côté, les données observées et les conditions de premier rang et d'état stationnaire, et de l'autre, certains paramètres comportementaux tirés d'un examen de la documentation.

Les paramètres externes utilisés dans cette procédure de calibration sont présentés au tableau 3. Les paramètres de substitution de la technologie ont une importance capitale dans notre analyse. Dans ce modèle, nous avons employé des valeurs conservatrices qui se rapprochent de celles utilisées par Wigle (1999). Les estimations de la valeur du facteur de majoration appliqué aux coûts marginaux pour les industries canadiennes sont rares dans la documentation existante. Nous avons utilisé des estimations récentes de ces paramètres produites par Industrie Canada, en calibrant la valeur du pouvoir de marché des entreprises sur le marché intérieur, μ_j^d. Ces valeurs, qui varient entre 20 et 30 p. 100, peuvent être considérées raisonnables puisqu'elles se comparent aux valeurs employées dans d'autres études[13].

En utilisant l'équation (3), nous avons ensuite calibré les valeurs de μ^{c}_{p}, le pouvoir de marché implicite de l'entreprise sur le marché du produit composite[14]. Les valeurs des autres paramètres sont tirées d'études sur le Canada ou les États-Unis et sont également jugées conservatrices. Puisque les procédures de calibration des autres paramètres ayant trait aux aspects statiques et dynamiques du modèle se retrouvent couramment dans la documentation, nous ne les aborderons pas ici.

Tableau 3
Valeurs de certains paramètres de comportement externes employés dans le scénario de référence

Paramètre	Valeur
Paramètre du coût d'installation	2.00
Élasticité de substitution entre la valeur ajoutée et l'énergie	0.35
Élasticité de substitution entre l'agrégat des combustibles fossiles et l'électricité	0.30
Élasticité de substitution entre les combustibles fossiles	0.20
Élasticité de substitution entre le capital et le travail	0.50
Élasticité de substitution entre les importations/exportations et le bien intérieur	2.50
Taux d'amortissement du capital matériel	0.10
Élasticité de substitution intertemporelle	1.00
Taux de croissance de la population, y compris le progrès technologique neutre au sens de Harrod, exprimé en pourcentage	2.70
Taux d'intérêt mondial, en pourcentage	5.00

Source : Diverses études.

Tableau 4
Caractéristiques sectorielles de l'économie canadienne dans les données de référence, 1995

Industrie	Production	Valeur ajoutée	Exportations	Importations	Exportations	Ventes intérieures	Importations	Production intérieure
	Part en pourcentage				en pourcentage de la production		en pourcentage de l'absorption intérieure	
AGRIC	3.28	2.63	3.10	1.41	19.17	80.83	9.07	90.93
IRON-ST	0.84	0.58	1.31	1.54	32.21	67.79	34.12	65.88
COAL	0.12	0.14	0.42	0.26	69.41	30.59	56.18	43.82
PET-GAS	1.66	2.34	4.49	2.03	55.31	44.69	34.13	65.87
OTH-MIN	2.59	2.14	4.20	2.34	32.90	67.10	20.21	79.79
PAPER	2.05	1.72	7.17	0.98	72.05	27.95	24.56	75.44
NON-FER	1.28	0.56	4.87	2.37	78.89	21.11	62.79	37.21
CEMENT	0.24	0.19	0.12	0.04	10.14	89.86	3.26	96.74
REF-PETR	1.26	0.17	1.10	0.95	17.63	82.37	14.68	85.32
CHEMIC	1.41	1.12	3.22	4.24	46.71	53.29	51.70	48.30
ELECTR	1.79	2.83	0.41	0.05	4.48	95.52	0.53	99.47
OTH-MANUF	20.62	14.24	52.29	69.37	52.06	47.94	57.18	42.82
SERV	62.85	71.34	17.30	14.42	5.23	94.77	4.04	95.96
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—	—	—

Sources : Statistique Canada et calculs des auteurs.

La résolution numérique d'un modèle à horizon infini doit être tronquée dans le temps. La règle approximative consiste à choisir une durée suffisamment longue pour permettre à l'économie d'atteindre un nouvel état stationnaire après une perturbation initiale. Dans ce modèle, nous avons choisi un horizon de quarante périodes pour ensuite résoudre le modèle à l'aide de la méthode du sentier prolongé[15].

3. SIMULATIONS

Nous avons fait diverses simulations avec le modèle afin d'analyser les effets globaux et sectoriels du Protocole de Kyoto sur l'économie canadienne. Nos simulations englobent l'un des grands objectifs de la réforme, soit l'abaissement des émissions de dioxyde de carbone associées à l'utilisation des combustibles fossiles. Nous avons opéré cette réduction en imposant une pénalité aux émissions de carbone pour chacune des années où une limite est imposée aux émissions. En pratique, selon le Protocole, les pays doivent atteindre leur niveau cible d'émissions pour la moyenne des années 2008 à 2012. Cependant, comme dans beaucoup d'autres études, nous supposons que le Canada atteindra son niveau cible du Protocole de Kyoto dans l'année 2010. Selon les projections du Groupe de travail sur l'analyse et la modélisation (TAM), si le Canada atteint son niveau cible cette année-là, il aura réduit ses émissions de GES de près de 26,5 p. 100 en comparaison du scénario du maintien du statu quo (MSQ). Nous maintenons le niveau d'émissions de dioxyde de carbone atteint en 2010 constant au cours des années suivantes16 (ce que l'on appelle le scénario « Kyoto pour toujours » dans la documentation). Dans notre étude, la pénalité associée aux émissions de carbone équivaut au coût des permis échangeables requis pour utiliser des combustibles fossiles. Le modèle détermine de façon endogène le coût unitaire des permis échangeables requis pour atteindre le niveau d'émissions projeté.

Étant donné l'incertitude au sujet de l'ordre de grandeur de certains des paramètres externes entrant dans nos procédures de calibration, nous avons fait d'autres simulations afin de vérifier la robustesse de nos résultats. Ces simulations diffèrent en ce qui a trait aux valeurs des paramètres liés soit à la structure du marché, soit à la technologie des entreprises, soit aux élasticités des échanges commerciaux. Dans notre simulation principale, nous étudions l'impact de la réforme à partir des valeurs des paramètres du scénario de référence présentées au tableau 3, dans un cadre de concurrence imparfaite.

Simulation principale : répercussions du Protocole de Kyoto au Canada dans un cadre de concurrence monopolistique sur le marché des produits

Les résultats de cette simulation sont présentés aux tableaux 5, 6 et 7. Le prix du permis d'émission de carbone requis pour respecter le niveau cible des émissions de dioxyde de carbone est de 29,20 $17 par tonne de CO2 en 2010, diminuant à 28,30 $ en 2012[18]. La première conséquence de cette valeur strictement positive du prix du permis d'émission de carbone est de hausser le prix d'utilisation des combustibles fossiles, l'augmentation la plus importante étant observée pour le charbon — le combustible le plus polluant — suivi, respectivement, des produits pétroliers et du gaz naturel. Cette augmentation des prix des combustibles fossiles modifie les prix relatifs au sein de l'économie et a des effets directs et indirects caractérisés par des changements dans les coûts de production et dans la composition de la demande globale. Puisque les différents secteurs ne sont pas touchés de la même façon, nous faisons une distinction dans notre analyse entre les secteurs à coefficient élevé d'énergie et les autres secteurs, du côté de la production, et entre les secteurs qui produisent de l'énergie et les autres secteurs, du côté de la demande.

Tableau 5

Impact sectoriel du Protocole de Kyoto sur certaines variables, exprimé sous forme de déviation en pourcentage par rapport au scénario du maintien du statu quo (MSQ)

Scénario de référence : « Kyoto pour toujours » avec concurrence imparfaite

Industrie	Année	Consommation totale d'énergie	Consommation d'énergie fossile	Consommation d'énergie non fossile	Investissement	Emploi	Production	Ventes intérieures	Exportations	Demande intérieure totale	Consommation des ménages	Importations
AGRIC	2010	-10,02	-12,85	-3,11	-2,97	0,41	-0,66	-0,34	-2,04	-0,18	-1,61	1,39
	2012	-10,21	-12,97	-3,49	-2,49	0,14	-0,99	-0,66	-2,38	-0,50	-1,62	1,08
	Long terme	-10,55	-13,19	-4,14	-1,17	-0,43	-1,64	-1,33	-2,96	-1,18	-1,59	0,31
IRON-ST	2010	-25,05	-32,00	-13,14	-24,47	-9,50	-11,89	-6,55	-20,58	-1,04	-5,08	9,94
	2012	-26,10	-32,83	-14,69	-20,43	-10,78	-13,77	-7,82	-23,52	-1,53	-5,66	11,07
	Long terme	-27,45	-33,80	-16,89	-13,18	-12,60	-16,64	-9,72	-28,07	-2,10	-6,61	13,28
COAL	2010	-27,74	-30,65	-23,59	-48,44	-21,42	-21,10	-28,58	-18,70	-33,52	-64,65	-37,27
	2012	-31,24	-33,95	-27,40	-45,98	-25,18	-25,12	-30,16	-23,49	-33,60	-64,55	-36,24
	Long terme	-42,93	-45,10	-39,86	-40,75	-37,70	-38,46	-35,71	-39,38	-33,53	-64,09	-31,82
PET-GAS	2010	-18,46	-23,49	-16,67	-33,85	-14,71	-13,91	-23,99	-8,03	-28,60	-18,10	-37,19
	2012	-21,06	-25,81	-19,37	-31,92	-17,28	-16,79	-24,87	-12,05	-28,69	-18,09	-35,83
	Long terme	-29,04	-33,21	-27,57	-27,40	-25,34	-25,78	-27,93	-24,49	-29,05	-18,65	-31,21
OTH-MIN	2010	-8,92	-13,92	-5,42	-10,37	-2,65	-3,00	-3,49	-2,25	-3,74	-0,59	-4,72
	2012	-9,90	-14,74	-6,53	-9,70	-3,64	-4,11	-4,48	-3,56	-4,66	-0,69	-5,39
	Long terme	-12,52	-17,07	-9,37	-7,39	-6,34	-7,22	-7,10	-7,39	-7,04	-1,10	-6,80
PAPER	2010	-2,76	-8,97	-0,94	-2,74	1,72	1,01	1,05	0,99	1,07	-1,02	1,11
	2012	-3,33	-9,37	-1,57	-2,34	1,21	0,43	0,78	0,33	0,89	-1,13	1,24
	Long terme	-4,45	-10,27	-2,76	-0,54	0,16	-0,80	0,33	-1,15	0,70	-1,44	1,84
NON-FER	2010	-17,27	-27,14	-14,07	-40,61	-11,59	-12,47	-8,71	-13,29	-5,69	-1,75	-3,89
	2012	-20,47	-29,74	-17,47	-35,33	-14,97	-15,90	-11,20	-16,92	-7,37	-1,96	-5,08
	Long terme	-28,08	-36,12	-25,51	-24,63	-23,11	-24,14	-17,09	-25,68	-11,12	-2,56	-7,51
CEMENT	2010	-10,45	-17,94	-3,57	-1,20	-0,06	-1,55	-1,18	-4,22	-1,08	-2,19	1,96
	2012	-10,32	-17,66	-3,63	-0,99	-0,01	-1,52	-1,16	-4,10	-1,06	-2,15	1,87
	Long terme	-9,94	-17,01	-3,57	-0,59	0,12	-1,38	-1,06	-3,65	-0,98	-2,01	1,60

Tableau 5 (suite)

Industrie	Année	Consommation totale d'énergie	Consommation d'énergie fossile	Consommation d'énergie non fossile	Investissement	Emploi	Production	Ventes intérieures	Exportations	Demande intérieure totale	Consommation des ménages	Importations
REF-PETR	2010	-32,30	-32,34	-29,05	-55,71	-27,89	-31,74	-27,42	-53,71	-21,87	-34,61	13,34
	2012	-32,26	-32,31	-29,08	-41,36	-27,31	-31,78	-27,42	-54,01	-21,78	-34,20	14,11
	Long terme	-32,38	-32,42	-29,12	-27,19	-26,65	-31,98	-27,48	-54,97	-21,54	-33,29	16,39
CHEMIC	2010	-19,21	-20,98	-14,34	-29,93	-11,69	-12,83	-8,43	-16,41	-3,96	-2,70	0,30
	2012	-20,78	-22,48	-16,12	-25,25	-13,35	-14,70	-9,74	-18,75	-4,61	-2,96	0,27
	Long terme	-23,56	-25,16	-19,18	-17,02	-16,25	-18,01	-12,06	-22,89	-5,76	-3,43	0,28
ELECTR	2010	-30,10	-30,10	0,00	-9,46	-3,62	-5,96	-5,29	-16,05	-5,23	-5,63	6,83
	2012	-29,95	-29,95	0,00	-7,66	-3,86	-6,41	-5,72	-16,98	-5,66	-5,88	7,05
	Long terme	-29,48	-29,48	0,00	-5,07	-4,34	-7,13	-6,43	-17,88	-6,36	-6,01	6,61
OTH-MANUF	2010	-3,35	-8,73	-0,52	0,71	2,32	2,04	0,75	2,99	-0,51	-0,62	-1,45
	2012	-3,46	-8,71	-0,71	0,94	2,25	1,95	0,71	2,87	-0,50	-0,64	-1,40
	Long terme	-3,32	-8,44	-0,65	1,81	2,43	2,10	0,84	3,02	-0,38	-0,63	-1,29
SERV	2010	-9,15	-13,21	-3,69	-1,61	-0,44	-0,87	-0,99	0,68	-1,05	-0,36	-2,63
	2012	-9,05	-13,03	-3,73	-1,31	-0,36	-0,83	-0,96	0,75	-1,03	-0,34	-2,64
	Long terme	-8,77	-12,61	-3,66	-0,90	-0,19	-0,70	-0,85	1,18	-0,93	-0,22	-2,84

Source : Résultats des simulations.

Tableau 6
Impact sectoriel du Protocole de Kyoto sur certains prix, exprimé en termes de déviation en pourcentage par rapport au scénario du maintien du statu quo (MSQ)
Scénario de référence : « Kyoto pour toujours » en concurrence imparfaite

Industrie	Année	Prix à la consommation	Prix du bien intérieur	Prix de la production	Prix de la valeur ajoutée	Prix fictif du capital	Prix de l'agrégat énergétique	Prix de l'énergie fossile	Prix de l'énergie non fossile
AGRIC	2010	0.63	0.69	0.56	-1.70	-0.96	34.15	49.09	4.91
	2012	0.63	0.70	0.57	-1.68	-0.84	33.69	48.23	5.18
	Long terme	0.60	0.66	0.54	-1.64	-0.59	32.54	46.40	5.33
IRON-ST	2010	4.30	6.72	4.24	-6.25	-3.22	71.14	135.80	4.91
	2012	4.94	7.74	4.90	-4.43	-2.27	69.43	131.98	5.18
	Long terme	6.01	9.49	6.06	-1.01	-0.58	65.43	123.64	5.33
COAL	2010	226.54	-5.06	-1.20	-4.69	-5.69	26.29	44.72	4.91
	2012	219.53	-3.59	-0.86	-4.11	-4.71	26.04	43.99	5.18
	Long terme	203.85	2.38	0.60	-1.52	-1.20	25.37	42.60	5.33
PET-GAS	2010	20.81	-7.34	-2.61	-4.09	-3.93	12.77	39.19	4.91
	2012	20.80	-6.10	-2.19	-3.51	-3.20	12.86	38.63	5.18
	Long terme	21.64	-1.84	-0.69	-1.35	-0.89	12.78	37.78	5.33
OTH-MIN	2010	-0.41	-0.51	-0.31	-2.12	-1.67	18.90	43.37	4.91
	2012	-0.31	-0.38	-0.23	-1.96	-1.41	18.83	42.68	5.18
	Long terme	0.10	0.13	0.08	-1.23	-0.65	18.48	41.42	5.33
PAPER	2010	0.02	0.02	0.01	-1.66	-1.11	11.58	38.86	4.91
	2012	0.14	0.18	0.04	-1.64	-0.97	11.70	38.30	5.18
	Long terme	0.45	0.60	0.14	-1.45	-0.59	11.66	37.49	5.33
NON-FER	2010	0.76	2.08	0.37	-2.52	-5.61	19.03	81.03	4.91
	2012	0.98	2.70	0.49	-2.40	-4.26	18.92	79.08	5.18
	Long terme	1.60	4.46	0.82	-2.01	-0.77	18.33	75.05	5.33
CEMENT	2010	1.22	1.26	1.11	-1.60	-0.60	34.15	79.05	4.91
	2012	1.18	1.22	1.07	-1.65	-0.57	33.61	77.18	5.18
	Long terme	1.03	1.07	0.94	-1.80	-0.59	32.20	73.25	5.33

Tableau 6 (suite)

Industrie	Année	Prix à la consommation	Prix du bien intérieur	Prix de la production	Prix de la valeur ajoutée	Prix fictif du capital	Prix de l'agrégat énergétique	Prix de l'énergie fossile	Prix de l'énergie non fossile
REF-PETR	2010	51.16	19.48	16.59	-11.00	-7.17	22.51	22.77	4.91
	2012	50.23	19.80	16.88	-6.66	-4.05	22.45	22.70	5.18
	Long terme	48.21	20.80	17.75	-1.59	-0.59	23.10	23.36	5.33
CHEMIC	2010	1.75	3.71	1.69	-3.41	-3.87	27.40	37.09	4.91
	2012	2.02	4.29	1.96	-2.86	-2.74	27.14	36.59	5.18
	Long terme	2.51	5.38	2.48	-1.80	-0.62	26.71	35.91	5.33
ELECTR	2010	4.91	4.93	4.64	-2.67	-1.50	144.84	144.84	0.00
	2012	5.18	5.21	4.90	-2.12	-1.11	140.71	140.71	0.00
	Long terme	5.33	5.36	5.04	-1.45	-0.60	131.67	131.67	0.00
OTH-MANUF	2010	-0.38	-0.88	-0.37	-1.64	-0.66	15.46	39.60	4.91
	2012	-0.36	-0.84	-0.36	-1.72	-0.62	15.49	39.03	5.18
	Long terme	-0.37	-0.85	-0.36	-1.86	-0.57	15.32	38.13	5.33
SERV	2010	-0.64	-0.67	-0.62	-1.60	-0.62	27.34	48.17	4.91
	2012	-0.66	-0.68	-0.63	-1.61	-0.57	27.06	47.34	5.18
	Long terme	-0.77	-0.81	-0.75	-1.74	-0.59	26.24	45.60	5.33

Source : Résultats des simulations.

Tableau 7
Impact sectoriel sur les émissions de CO_2
Scénario de référence : « Kyoto pour toujours » en concurrence imparfaite

Industrie	Année	Changement dans les émissions de CO_2 exprimé en termes de déviation en pourcentage par rapport au scénario du maintien du statu quo (MSQ)	Contribution aux émissions sectorielles totales de CO_2, en pourcentage
AGRIC	2010	-12.89	4.11
	2012	-13.01	4.10
	Long terme	-13.24	4.10
IRON-ST	2010	-35.05	5.75
	2012	-35.80	5.69
	Long terme	-36.62	5.63
COAL	2010	-31.01	0.17
	2012	-34.29	0.16
	Long terme	-45.37	0.14
PET-GAS	2010	-24.35	0.49
	2012	-26.64	0.47
	Long terme	-33.92	0.43
OTH-MIN	2010	-14.41	1.49
	2012	-15.21	1.48
	Long terme	-17.51	1.44
PAPER	2010	-10.03	1.35
	2012	-10.41	1.35
	Long terme	-11.26	1.34
NON-FER	2010	-31.72	1.12
	2012	-34.09	1.09
	Long terme	-39.92	0.99
CEMENT	2010	-22.90	0.50
	2012	-22.57	0.50
	Long terme	-21.76	0.51
REF PETR	2010	-32.38	28.85
	2012	-32.35	28.89
	Long terme	-32.46	28.89
CHEMIC	2010	-21.25	4.07
	2012	-22.74	4.00
	Long terme	-25.40	3.87
ELECTR	2010	-32.96	16.53
	2012	-32.77	16.59
	Long terme	-32.22	16.76
OTH-MANUF	2010	-9.40	3.70
	2012	-9.37	3.71
	Long terme	-9.08	3.73
SERV	2010	-13.35	31.87
	2012	-13.16	31.97
	Long terme	-12.74	32.18

Source : Résultats des simulations.

Du côté de la production, à mesure que le coût des combustibles fossiles augmente, les entreprises opèrent une substitution en délaissant les produits les plus polluants au niveau inférieur du complexe technologique. Au niveau intermédiaire, l'électricité vient remplacer l'intrant agrégé des combustibles fossiles[19]. Enfin, à un niveau plus élevé, les entreprises remplaceront l'énergie par la valeur ajoutée. L'élasticité-prix de la demande pour un intrant est fonction non seulement des élasticités de substitution, mais aussi des parts des facteurs. À titre d'exemple, plus est élevée la part de la valeur ajoutée dans l'agrégat constitué de la valeur ajoutée et de l'énergie, plus il est facile pour les entreprises de substituer la valeur ajoutée à l'intrant énergie. Dans ces conditions, même si le capital n'est pas directement substitué aux combustibles fossiles, l'élasticité de substitution entre le capital et le travail, qui a une incidence sur la disponibilité de la valeur ajoutée, joue aussi un rôle important dans le prix d'équilibre du permis d'émission de carbone.

L'augmentation du prix de l'énergie accroît sensiblement les coûts de production dans les secteurs à forte intensité énergétique, qui, en réaction, haussent le prix de leur produit respectif sur le marché intérieur, leurs prix sur le marché d'exportation étant exogènes. Il s'ensuit que le prix d'achat (à la consommation) des produits à coefficient élevé d'énergie augmente. Au sein de ce groupe, on observe les hausses de prix les plus fortes dans le secteur du fer et de l'acier, celui des métaux non ferreux et celui des produits chimiques (tableau 6). Étant donné que ces secteurs se comportent de façon monopolistique sur leur marché intérieur, une partie de la hausse de prix traduit le pouvoir qu'ils exercent sur ce marché.

On observe ensuite une baisse de la demande pour ces produits de la part des ménages et des autres entreprises qui les utilisent à des fins de consommation intermédiaire ou d'investissement. En 2010, la production des secteurs à coefficient élevé d'énergie est inférieure de 12,5 p. 100, de 11,9 p. 100 et 12,8 p. 100, respectivement, dans le secteur des métaux non ferreux, celui du fer et de l'acier et celui des produits chimiques, par rapport au scénario du MSQ. Dans les autres secteurs moins tributaires de l'énergie, on observe soit une contraction plus modeste soit une légère expansion. Ainsi, la production du secteur des services n'aura diminué que de 0,9 p. 100 en 2010.

Du côté de la demande, ce sont les secteurs énergétiques qui subissent le plus durement le contrecoup de la baisse de la demande de combustibles fossiles. Ces secteurs enregistrent une forte contraction, le recul le plus important, soit 33,5 p. 100 en 2010, étant observé dans le secteur du charbon, suivi de baisses de 28,7 p. 100 et de 21,9 p. 100, respectivement, dans le secteur du gaz naturel et celui du pétrole raffiné. D'autres secteurs qui n'ont pas un coefficient élevé d'énergie bénéficient du changement qui se produit dans la composition de la demande globale. La demande intérieure pour leurs produits augmente, ce qui a un effet positif sur leur niveau de production. Ainsi, en 2010, la production du secteur des autres produits manufacturés montre un gain de 2,0 p. 100.

Dans une perspective dynamique, la hausse du coût de l'énergie a une incidence négative sur le rendement de l'investissement. Plus un secteur dépend des produits énergétiques, moins élevé sera le rendement sur ses investissements. La hausse des coûts réduit considérablement le prix de la valeur ajoutée dans les secteurs à forte intensité énergétique, tandis qu'elle augmente simultanément le prix du bien en capital. Ces deux effets se répercutent négativement sur l'incitation à investir des entreprises. La diminution de la demande de combustibles fossiles incite les entreprises des secteurs de production d'énergie à réduire leur stock de capital. À long terme, la production de ces secteurs diminue aux niveaux reproduits au tableau 5. Le secteur du charbon et celui des produits pétroliers sont les plus touchés, avec des baisses de la production, à long terme, de 38,5 p. 100 et de 32,0 p. 100, respectivement, par rapport au scénario du MSQ. Par contre, dans les secteurs non énergétiques, qui profitent du changement dans la composition de la demande globale, l'investissement augmente par rapport au scénario du MSQ. À long terme, l'investissement du secteur des autres produits manufacturés augmente de 1,8 p. 100.

La diminution du prix de la valeur ajoutée dans de nombreux secteurs est préjudiciable à la main-d'œuvre et le taux de rémunération fléchit en 2010 et à plus long terme. Les effets de contraction et d'expansion dans les différents secteurs s'accompagnent d'une réaffectation classique de la main-d'œuvre entre les secteurs. Comme prévu, les secteurs énergétiques sont ceux où l'utilisation du facteur travail diminue le plus. Sous l'hypothèse de la liberté d'entrée et de sortie dans les secteurs non concurrentiels, le nombre d'entreprises qui y évoluent augmente ou diminue selon que ces secteurs connaissent une expansion ou une contraction (tableau 6). À noter que nos hypothèses d'une technologie homothétique et d'un facteur de majoration fixe dans les secteurs non concurrentiels signifient que les entreprises de ces secteurs sont exploitées à échelle constante; ainsi, l'expansion ou la contraction d'un secteur est essentiellement attribuable à l'entrée de nouvelles entreprises ou à la fermeture d'entreprises existantes produisant diverses variétés de biens.

La diminution globale du niveau d'émissions de dioxyde de carbone dans les secteurs productifs est principalement imputable à la réduction des émissions dans les secteurs à coefficient élevé d'énergie (tableau 7). Puisque l'offre de permis d'émission de carbone est fixe à chaque année, les changements dans le prix des permis sont exclusivement causés par les rajustements de la demande. La demande est elle-même influencée par la facilité avec laquelle on peut remplacer les combustibles fossiles. Comme nous l'avons déjà indiqué, la facilité de substitution dépend non seulement des paramètres de substitution de la technologie des entreprises, mais aussi de la part de la valeur ajoutée et, partant, de la disponibilité du capital matériel. En 2010, lorsque la limite quantitative imposée aux émissions de dioxyde de carbone entre en vigueur, le stock total de capital existant est le résultat des décisions d'investissement passées. Par suite de la baisse de l'investissement global prévue dans l'économie (à compter de 2010), les entreprises disposeront d'un moins grand stock de capital et, partant, d'une moins grande valeur ajoutée. À long terme, les décisions d'investissement cumulatives contribueront à accroître le stock total de capital. Cela facilitera la substitution de la valeur ajoutée à l'énergie et, par conséquent, abaissera le prix des permis d'émission de carbone.

Au niveau agrégé, l'expansion observée dans certains secteurs ne réussit pas à compenser pleinement la contraction qui se produit dans les secteurs énergétiques et les secteurs à coefficient élevé d'énergie. Le produit intérieur brut (PIB) aux prix du marché diminue par rapport au scénario du MSQ, tant en 2010 qu'à plus long terme, respectivement de 1,05 p. 100 et de 1,48 p. 100.

Le produit de la vente des permis d'émission de carbone est remis au secteur des ménages en un montant forfaitaire, où il sert à financer la consommation et l'épargne. Cependant, ce supplément de revenu n'est pas assez important pour compenser la diminution des salaires et des dividendes reçus des entreprises. Par conséquent, le revenu permanent du ménage représentatif diminue. De plus, la hausse du prix à la consommation de divers biens se traduit par une augmentation du prix de la consommation globale. Il s'ensuit que les ménages réduisent leur consommation globale, ce qui entraîne une perte de bien-être évaluée à 0,27 p. 100. Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que cette mesure du changement de bien-être n'est pas directement comparable à celle qui ressort des modèles statiques d'équilibre général. Notre mesure est une indication du changement en pourcentage du flux de consommation du ménage (sur l'ensemble de sa période viagère), dans le scénario du MSQ, qui engendre le même niveau d'utilité que celui découlant de la réforme. En se référant à Goulder et Eichengreen (1992), étant donné la propriété homothétique des préférences du ménage représentatif, ce changement pourrait aussi être interprété comme le changement en pourcentage de la richesse totale du ménage qui lui permettra, dans le scénario du MSQ, d'atteindre la même utilité intertemporelle que celle qu'il obtient avec la réforme. Une valeur négative de la mesure du bien-être indique une perte de bien-être[20].

L'évolution des prix relatifs attribuable à l'augmentation des coûts énergétiques fait sentir ses effets différemment dans les divers secteurs de l'économie (tableau 5). Il s'ensuit que les profils d'échanges commerciaux sont touchés différemment selon le secteur. Du côté de l'offre, les secteurs qui produisent

de l'énergie et les secteurs à coefficient élevé d'énergie enregistrent une baisse significative de leurs exportations par suite de l'augmentation de leurs coûts de production ou de la contraction de leur production composite. Par rapport au scénario du MSQ, les exportations totales diminuent de 0,95 p. 100 et de 3,01 p. 100, respectivement, en 2010 et à plus long terme. L'exigence relative à l'équilibre intertemporel de la balance des paiements suscite certains changements appropriés dans les importations de divers biens, par un rajustement du taux de change réel. Les importations totales diminuent de 2,08 p. 100 et de 1,93 p. 100, respectivement, en 2010 et à plus long terme. Le profil de changement varie toutefois d'un secteur à l'autre. Dans certains secteurs, comme celui du fer et de l'acier et celui des produits pétroliers, les importations augmentent afin de compenser la baisse de la production des entreprises intérieures, en dépit de la contraction de leur demande intérieure totale. Dans d'autres secteurs, comme celui des autres produits manufacturés, les importations diminuent en dépit d'une augmentation de la demande totale.

Analyse de sensibilité

Compte tenu de la nature hypothétique des valeurs de certains paramètres, nous avons effectué des analyses de sensibilité. Le premier ensemble de simulations porte sur la structure du marché, tandis que le second porte sur les valeurs des élasticités de substitution/transformation au niveau de la technologie et des échanges commerciaux (fonctions CES et CET). Dans le premier ensemble d'analyses de sensibilité, nous avons accru le pouvoir de marché des entreprises de 25 p. 100 dans une simulation, en supposant une concurrence parfaite dans tous les secteurs. Dans le second ensemble d'analyses de sensibilité, nous avons fait cinq simulations où nous envisageons séparément des valeurs inférieures et supérieures pour les élasticités de substitution au niveau de la technologie et des échanges commerciaux, ainsi qu'une combinaison de valeurs inférieures pour les élasticités de substitution au niveau de la technologie et des échanges commerciaux. Les tableaux 8 et 9 montrent les résultats de ces différents scénarios.

Dans tous ces scénarios, le sens de l'évolution des variables clés est le même que dans la simulation principale; seul l'ordre de grandeur des changements varie d'un scénario à l'autre. Il ressort des résultats présentés au tableau 8 que la structure de marché a effectivement une incidence profonde sur la mesure du changement de bien-être suscité par l'application du Protocole de Kyoto au Canada. En situation de concurrence parfaite, la perte de bien-être attribuable à cette réforme est de 0,23 p. 100, comparativement à 0,27 p. 100 dans le scénario de référence de concurrence imparfaite[21], ce qui équivaut à une sous-estimation de 15 p. 100. Dans le scénario d'un plus grand pouvoir de marché, la perte de bien-être est évaluée à 0,30 p. 100, ce qui représente un écart de 30 p. 100 par rapport au cas de la concurrence parfaite. L'impact de la structure de marché sur la perte de bien-être s'explique assez facilement, compte tenu de la description des mécanismes en jeu présentée précédemment. Lorsque les coûts de production augmentent, l'entreprise monopolistique réduit sa production davantage qu'une entreprise se trouvant en situation de concurrence parfaite. En d'autres termes, l'entreprise monopolistique exige un prix plus élevé pour le bien intérieur, ce qui entraîne une plus grande perte de bien-être. En outre, les entreprises non concurrentielles sous-investissent, ce qui provoque une diminution globale du stock de capital et, ainsi, une baisse du revenu des ménages, en comparaison avec le cadre de concurrence parfaite.

La mesure du changement de bien-être, qui tient compte de toutes les années de la période viagère du ménage représentatif, est un meilleur indicateur de l'incidence de la réforme que le changement observé dans le PIB, lequel mesure l'impact de la réforme au cours d'une seule année. Même si l'écart observé dans la variation annuelle du PIB d'une structure de marché à l'autre n'est pas très important, le changement de bien-être révèle une variation substantielle entre les différentes structures de marché.

Tableau 8
Analyse de sensibilité : structure du marché

Variable	Année	Scénario de référence	Analyse de sensibilité	
		Concurrence imparfaite et valeurs de base pour le pouvoir de marché des entreprises	Concurrence imparfaite et valeurs plus élevées pour le pouvoir de marché des entreprises*	Concurrence parfaite
Prix du carbone ($/tonne de CO_2)**	2010	29.24	29.13	29.56
	2012	28.26	28.14	28.59
	Long terme	25.92	25.77	26.35
PIB***	2010	-1.05	-1.06	-1.02
	2012	-1.19	-1.20	-1.17
	Long terme	-1.48	-1.48	-1.47
Importations	2010	-2.08	-2.07	-2.12
	2012	-2.04	-2.04	-2.06
	Long terme	-1.93	-1.93	-1.91
Exportations	2010	-0.95	-0.95	-0.95
	2012	-1.62	-1.61	-1.62
	Long terme	-3.01	-3.02	-2.96
Déficit commercial	2010	-0.36	-0.36	-0.37
	2012	-0.10	-0.10	-0.11
	Long terme	0.45	0.46	0.44
Déficit gouvernemental	2010	-1.97	-0.18	-2.32
	2012	0.03	-1.83	0.02
	Long terme	0.10	0.09	0.11
Bien-être****		-0.27	-0.30	-0.23

Source : Résultats des simulations.

* Les paramètres du pouvoir de marché des entreprises ont été relevés de 25 p. 100.

** En $CAN de 1995.

*** Selon les prix du marché, exprimé en termes de déviation en pourcentage par rapport au scénario du maintien du statu quo (MSQ).

**** En pourcentage du flux de consommation du scénario du maintien du statu quo (MSQ); voir le texte pour une explication plus détaillée.

Tableau 9

Analyse de sensibilité des paramètres de la technologie et des échanges commerciaux

Scénario « Kyoto pour toujours » avec concurrence imparfaite et valeurs de base pour le pouvoir de marché des entreprises

Variable	Année	Scénario de référence	Élasticité de substitution entre le capital et le travail		Élasticité de substitution dans les fonctions Armington et CET		Valeur faible de l'élasticité de substitution de la technologie et des échanges commerciaux
			Valeur faible	Valeur élevée	Valeur faible	Valeur élevée	
Prix du carbone ($/tonne de CO_2)*	2010	29,24	37,39	24,19	32,13	27,06	41,73
	2012	28,26	35,70	23,50	31,01	26,13	39,90
	Long terme	25,92	32,43	21,64	28,49	23,83	36,44
PIB **	2010	-1,05	-1,20	-0,95	-1,09	-1,02	-1,26
	2012	-1,19	-1,38	-1,07	-1,24	-1,15	-1,45
	Long terme	-1,48	-1,69	-1,34	-1,52	-1,44	-1,77
Importations	2010	-2,08	-2,19	-2,00	-2,19	-1,96	-2,36
	2012	-2,04	-2,13	-1,97	-2,16	-1,92	-2,32
	Long terme	-1,93	-2,00	-1,87	-2,07	-1,78	-2,23
Exportations	2010	-0,95	-0,77	-1,06	-1,08	-0,86	-0,92
	2012	-1,62	-1,65	-1,59	-1,76	-1,49	-1,85
	Long terme	-3,01	-3,27	-2,82	-3,14	-2,84	-3,51
Déficit commercial	2010	-0,36	-0,47	-0,30	-0,35	-0,35	-0,47
	2012	-0,10	-0,12	-0,09	-0,09	-0,11	-0,11
	Long terme	0,45	0,53	0,40	0,45	0,44	0,54
Déficit gouvernemental	2010	-1,97	-2,46	-1,65	-2,13	-1,84	-2,71
	2012	0,03	0,05	0,02	0,05	0,03	0,07
	Long terme	0,10	0,12	0,08	0,10	0,09	0,13
Bien-être***		-0,27	-0,32	-0,25	-0,28	-0,27	-0,33

Source : Résultats des simulations.

* En $CAN de 1995.

** Au coût des facteurs, exprimé en termes de déviation en pourcentage par rapport au scénario du maintien du statu quo (MSQ).

*** En pourcentage du flux de consommation du scénario du maintien du statu quo (MSQ); voir le texte pour une explication plus détaillée.

Les résultats des analyses de sensibilité des élasticités de substitution au niveau de la technologie et des échanges commerciaux montrent l'impact de ces paramètres sur le prix du permis d'émission de carbone. Comme prévu, plus il est facile de substituer des facteurs de production, plus bas est le prix du permis d'émission de carbone et moins élevés sont les coûts pour l'économie. Enfin, les résultats des analyses de sensibilité des paramètres des échanges commerciaux indiquent que le prix du permis d'émission de carbone et la mesure de la perte de bien-être diminuent à mesure qu'augmentent les élasticités dans les fonctions Armington et CET.

4. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons construit un modèle d'équilibre général dynamique et prospectif à un pays et plusieurs secteurs pour étudier les effets de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto au Canada sur le bien-être, la croissance et les divers secteurs. Contrairement à d'autres études, nous ne supposons pas qu'une concurrence parfaite règne dans tous les secteurs. Plutôt, nous modélisons les marchés des produits dans un cadre de concurrence monopolistique. Nous avons limité notre analyse aux émissions de dioxyde de carbone, qui représentent la plus grande part des émissions de gaz à effet de serre au Canada. En particulier, nous envisageons le scénario « Kyoto pour toujours », dans lequel le Canada atteint son niveau cible d'émissions en 2010 pour ensuite maintenir ses émissions à ce niveau indéfiniment, en utilisant un instrument de politique qui offre un bon ratio coût-efficacité, représenté ici par un marché aux enchères de permis d'émission de carbone.

Nous avons effectué des simulations axées sur la conformité au Protocole de Kyoto et nous avons déterminé de façon endogène le prix du permis d'émission de carbone requis pour permettre au Canada d'atteindre son niveau cible d'émissions au cours des années appropriées. Notre analyse nous a permis d'estimer l'incidence sur la production, l'investissement, la consommation, les prix, le PIB et le bien-être. Comme prévu, les secteurs producteurs d'énergie et les secteurs à coefficient élevé d'énergie sont ceux qui souffrent le plus de la restriction des émissions de dioxyde de carbone, tandis que d'autres secteurs profitent du changement qui se produit dans la composition de la demande. La mesure du changement de bien-être découlant de la conformité au Protocole de Kyoto est estimée à -0,27 p. 100, en supposant une valeur raisonnable pour le pouvoir de marché des entreprises monopolistiques. À long terme, le changement observé dans le PIB par rapport au scénario du MSQ est estimé à -1,5 p. 100, tandis que le prix du permis d'émission de carbone requis pour que le Canada puisse atteindre son objectif est estimé à environ 29,20 $CAN (de 1995) par tonne de CO_2 en 2010.

Les résultats de nos simulations montrent qu'il est souhaitable d'utiliser un cadre de marché de concurrence imparfaite pour l'estimation des coûts de la réforme, notamment sur le plan du bien-être. Nous avons constaté que la sous-estimation des coûts de bien-être, dans l'hypothèse d'une structure de marché parfaitement concurrentielle, peut atteindre 30 p. 100.

Nous devons toutefois mentionner que les coûts estimatifs présentés dans cette étude doivent être interprétés comme une limite supérieure aux coûts véritables de la conformité au Protocole de Kyoto, et cela pour au moins deux raisons : premièrement, nous n'avons pas tenu compte des autres gaz à effet de serre; deuxièmement, nous avons envisagé uniquement la mise en œuvre du Protocole à l'échelle nationale, alors qu'un effort de coordination internationale entre les pays de l'annexe B sur le marché des permis échangeables pourrait contribuer à réduire la pénalité associée à l'utilisation des combustibles fossiles par les agents économiques au Canada. Enfin, il est important de noter que les coûts économiques de la conformité au Protocole devraient être comparés aux avantages éventuels d'une accumulation moins grande de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

NOTES

1 Howaston et Campfens (1997) et Wigle (2001) présentent des revues intéressantes de diverses études portant sur les répercussions économiques au Canada d'une réduction des gaz à effet de serre.

2 Voir Ambler et Cardia (1998), Devereux, Head et Lapham (1996), Gali (1994) et Keuschnigg et Kohler (1996), entre autres exemples.

3 Avec le libre accès au marché mondial du capital, les obligations et les actions sur le marché intérieur ont le même rendement que les avoirs internationaux.

4 En raison de la présence de rendements d'échelle croissants pour la technologie de la valeur ajoutée, la demande de main-d'œuvre et la demande de capital sont soumises à l'influence du pouvoir de marché de l'entreprise.

5 μ^j est la valeur absolue de l'inverse de l'élasticité-prix perçue de la demande du produit composite. Dans les secteurs concurrentiels, $\mu^j = 0$. La part de la valeur ajoutée dans la production composite est égale à sv^j.

6 K^j_{t+1} est le niveau du stock de capital dans le secteur j.

7 L'hypothèse d'une technologie homothétique, qui suppose l'absence d'effet de rationalisation au niveau de l'entreprise, a aussi été faite par Keuschnigg et Kohler (1996) et Rotemberg et Woodford (1996). Voir Hertel (1994) et Brown (1991) qui renferment des analyses du cas où la technologie est non homothétique.

8 $\mu^j_d = 0$ pour les entreprises concurrentielles.

9 Lorsqu'ils sont exprimés par unité d'efficience du travail.

10 À noter que ce dernier terme englobe les coûts d'installation du capital.

11 À noter que les exportations ne sont pas assujetties à cette pénalité.

12 Le quatorzième bien représente les importations non concurrentielles (c'est-à-dire les biens non produits au Canada) comme le thé, le café, etc.

13 Rotemberg et Woodford (1995) emploient un facteur de majoration de 20 p. 100 dans leur étude sur les États-Unis, tandis que Keuschnigg et Kohler (1996) utilisent un facteur de majoration variant entre 11 et 25 p. 100 dans leur étude sur l'Australie.

14 Cette production composite est constituée du bien intérieur et du bien d'exportation.

15 Voir Gagnon (1990) pour plus de précisions concernant cette méthode.

16 Nous appliquons le même taux de 26,5 p. 100 aux émissions de CO_2 et aux émissions totales de GES.

17 Les prix des permis d'émission de carbone sont exprimés en dollars canadiens de 1995.

18 Étant donné qu'aucune limite n'est appliquée aux émissions de CO_2 avant 2010, elles sont considérées comme un bien gratuit dont le prix est nul.

19 À noter que l'électricité est notamment produite à partir de combustibles fossiles.

20 Voir Dissou (2001) et Goulder et Eichengreen (1992) pour plus de détails sur le calcul de cette mesure du bien-être.

21 Nous prévenons le lecteur de ne pas être induit en erreur par la taille en apparence modeste des mesures des changements de bien-être figurant dans la présente étude.

BIBLIOGRAPHIE

Ambler, S., et E. Cardia. « The Cyclical Behaviour of Wages and Profits under Imperfect Competition », *Revue canadienne d'économique*, vol. 31 (1998), p. 148-164.

Ambler, S., E. Cardia et J. Farazli. « Export Promotion, Learning by Doing and Growth », *Revue canadienne d'économique*, vol. 32 (1999), p. 747-772.

Bernstein, P.M., W.D. Montgomery et T.F. Rutherford. « Global Impacts of the Kyoto Agreement: Results from the MS-MRT Model », *Resource and Energy Economics*, vol. 21 (1999), p. 375-413.

Bovenberg, A.L., et R. de Mooij. « Environmental Levies and Distortionary Taxation », *American Economic Review*, vol. 84 (1994a), p. 1085-1089.

_____. « Environmental Taxes and Labour-Market Distortions », *European Journal of Political Economy*, vol. 10 (1994b), p. 655-683.

Brown, D.K. « Tariffs and Capacity Utilization by Monopolistically Competitive Firms », *Journal of International Economics*, vol. 30 (1991), p. 371-381.

Carraro, C., et M. Galeotti. « WARM: A European Model for Energy and Environmental Analysis, Environmental Modeling and Assessment », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 28, n° 1 (1996), p. 171-189.

Devereux, M.B., A.C. Head et B.J. Lapham. « Monopolistic Competition, Increasing Returns, and the Effects of Government Spending », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 28 (1996), p. 233-254.

Dissou, Y. « Dynamic Effects in Senegal of Regional Trade Agreement Among UEMOA Countries », *Review of International Economics*, 2001.

Gagnon, J.E. « Solving Stochastic Growth Models by Deterministic Extended Path », *Journal of Business Economics and Statistics*, vol. 8 (1990), p. 35-38.

Gali, J. « Monopolistic Competition, Business Cycles, and the Composition of Aggregate Demand », *Journal of Economic Theory*, vol. 63 (1994), p. 73-96.

Goulder, H., I.W.H. Parry, R.C. Williams III et D. Burtraw. « The Cost-Effectiveness of Alternative Instruments for Environmental Protection in a Second-Best Setting », *Journal of Public Economics*, vol. 72, n° 3 (1999), p. 329-360.

Goulder, L.H., et B. Eichengreen. « Trade Liberalization in General Equilibrium: Intertemporal and Inter-industry Effects », *Revue canadienne d'économique*, vol. 25 (1992), p. 253-280.

Hayashi, F. « Tobin's Marginal *q* and Average *q*: A Neoclassical Interpretation », *Econometrica*, vol. 95 (1982), p. 151-193.

Hertel, T.W. « The 'Procompetitive' Effects of Trade Policy Reform in a Small, Open Economy », *Journal of International Economics*, vol. 36 (1994), p. 391-411.

Howaston, A., et J. Campfens. « The Economic Impact on Canada of Greenhouse Gas Reductions: A Comparative Review », Conference Board du Canada, Programme de recherche sur les affaires et l'environnement, 1997.

Keuschnigg, C., et W. Kohler. « Commercial Policy and Dynamic Adjustment under Monopolistic Competition », *Journal of International Economics*, vol. 40 (1996), p. 373-409.

Mckibbin, W.J., et P.J. Wilcoxen. « The Theorical and Empirical Structure of the G-Cubed Model », *Economic Modelling*, vol. 16 (1999), p. 123-148.

Mercenier, J., et E. Yeldan. « On Turkey's Trade Policy Reform: Is a Custom's Union with Europe Enough? », *European Economic Review*, vol. 41 (1997), p. 871-880.

Rotemberg, J.J., et M. Woodford. « Dynamic General Equilibrium Models with Imperfectly Competitive Product Markets », paru dans *Frontiers of Business Cycle Research*. C.T.F. Princeton University Press, 1995.

_____. « Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 28 (1996), p. 550-577.

Wigle, R. « Sectoral Impacts of Kyoto Compliance », ébauche de document de travail, Industrie Canada, 1999.

_____. *Les répercussions sectorielles de l'application du Protocole de Kyoto*, Document de travail n° 34, Industrie Canada, 2001.

PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA

COLLECTION DOCUMENTS DE TRAVAIL

N° 1 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les tendances de l'investissement étranger direct et les 1 000 entreprises les plus grandes**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment John Knubley, Marc Legault et P. Someshwar Rao, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les multinationales canadiennes : analyse de leurs activités et résultats**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment P. Someshwar Rao, Marc Legault et Ashfaq Ahmad, Industrie Canada, 1994.

N° 3 **Débordements transfrontaliers de R-D entre les industries du Canada et des États-Unis**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 4 **L'impact économique des activités de fusion et d'acquisition sur les entreprises**, Gilles Mcdougall, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La transition de l'université au monde du travail : analyse du cheminement de diplômés récents**, Ross Finnie, École d'administration publique, Université Carleton et Statistique Canada, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **La mesure du coût d'observation lié aux dépenses fiscales : les stimulants à la recherche-développement**, Sally Gunz et Alan Macnaughton, Université de Waterloo, et Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 7 **Les structures de régie, la prise de décision et le rendement des entreprises en Amérique du Nord**, P. Someshwar Rao et Clifton R. Lee-Sing, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 8 **L'investissement étranger direct et l'intégration économique de la zone APEC**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao et Colleen Barnes, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 9 **Les stratégies de mandat mondial des filiales canadiennes**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 10 **R-D et croissance de la productivité dans le secteur manufacturier et l'industrie du matériel de communications au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 11 **Évolution à long terme de la convergence régionale au Canada**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 1996.

N° 12 **Les répercussions de la technologie et des importations sur l'emploi et les salaires au Canada**, Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 13 **La formation d'alliances stratégiques dans les industries canadiennes : une analyse microéconomique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 14 **Performance de l'emploi dans l'économie du savoir**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Philippe Massé, Développement des ressources humaines Canada, 1996.

N° 15 **L'économie du savoir et l'évolution de la production industrielle**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Kurt Mang, ministère des Finances, 1997.

N° 16 **Stratégies commerciales des PME et des grandes entreprises au Canada**, Gilles Mcdougall et David Swimmer, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 17 **Incidence sur l'économie mondiale des réformes en matière d'investissement étranger et de commerce mises en œuvre en Chine**, Winnie Lam, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Les disparités régionales au Canada : diagnostic, tendances et leçons pour la politique économique**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Retombées de la R-D entre industries et en provenance des États-Unis, production industrielle et croissance de la productivité au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 20 **Technologie de l'information et croissance de la productivité du travail : analyse empirique de la situation au Canada et aux États-Unis**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **Progrès technique incorporé au capital et ralentissement de la croissance de la productivité au Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 23 **La restructuration de l'industrie canadienne : analyse micro-économique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 24 **Les politiques du gouvernement canadien à l'égard de l'investissement étranger direct au Canada**, Steven Globerman, Université Simon Fraser et Université Western Washington, et Daniel Shapiro, Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 25 **Une évaluation structuraliste des politiques technologiques – Pertinence du modèle schumpétérien**, Richard G. Lipsey et Kenneth Carlaw, Université Simon Fraser, avec la collaboration de Davit D. Akman, chercheur associé, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 26 **Commerce intrasociété des entreprises transnationales étrangères au Canada**, Richard A. Cameron, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 27 **La hausse récente des demandes de brevets et la performance des principaux pays industrialisés sur le plan de l'innovation – Tendances et explications**, Mohammed Rafiquzzaman et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 28 **Technologie et demande de compétences : une analyse au niveau de l'industrie**, Surendra Gera et Wulong Gu, Industrie Canada, et Zhengxi Lin, Statistique Canada, 1999.

N° 29 **L'écart de productivité entre les entreprises canadiennes et américaines**, Frank C. Lee et Jianmin Tang, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 30 **Investissement étranger direct et croissance de la productivité : l'expérience du Canada comme pays d'accueil**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 31 **Les entreprises manufacturières sous contrôle canadien sont-elles moins productives que leurs concurrentes sous contrôle étranger?** Someshwar Rao et Jianmin Tang, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2000.

N° 32 **Le paradoxe canado-américain de la croissance de la productivité**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 33 **Propension à la R-D et productivité dans les entreprises sous contrôle étranger au Canada**, Jianmin Tang et Someshwar Rao, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2001.

N° 34 **Les répercussions sectorielles de l'application du Protocole de Kyoto**, Randall Wigle, Université Wilfrid Laurier, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2001.

N° 35 **Répercussions économiques des politiques de réduction des émissions de carbone et de la structure du marché : analyse d'équilibre général dynamique dans une situation de concurrence imparfaite**, Yazid Dissou, Carolyn Mac Leod et Mokhtar Souissi, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2002.

N° 36 **Investissement étranger direct et formation intérieure de capital**, Walid Hejazi et Peter Pauly, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2002.

COLLECTION DOCUMENTS DE DISCUSSION

N° 1 **Les multinationales comme agents du changement : définition d'une nouvelle politique canadienne en matière d'investissement étranger direct**, Lorraine Eden, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Le changement technologique et les institutions économiques internationales**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **La régie des sociétés au Canada et les choix sur le plan des politiques**, Ronald J. Daniels, Faculté de droit, Université de Toronto, et Randall Morck, Faculté d'administration des affaires, Université de l'Alberta, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 4 **L'investissement étranger direct et les politiques d'encadrement du marché : réduire les frictions dans les politiques axées sur la concurrence et la propriété intellectuelle au sein de l'APEC**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 5 **La recherche d'Industrie Canada sur l'investissement étranger : enseignements et incidence sur les politiques**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 6 **Rivalité sur les marchés internationaux et nouveaux enjeux pour l'Organisation mondiale du commerce**, Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Conséquences des restrictions à la propriété étrangère pour l'économie canadienne – Une analyse sectorielle**, Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 8 **Les déterminants de la croissance de la productivité canadienne : enjeux et perspectives**, Richard G. Harris, Université Simon Fraser et Institut canadien de recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 9 **Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »? Examen des données sur les brevets**, Manuel Trajtenberg, Université de Tel-Aviv, National Bureau of Economic Research et Institut canadien de recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 10 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord – Problématique et recherche future**, Richard G. Harris, Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2001.

N° 12 **Le boom économique irlandais : les faits, les causes et les leçons**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal et Institut canadien de recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2002.

COLLECTION DOCUMENTS HORS SÉRIE

N° 1 **Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : analyse par pays**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald et Christopher Wilkie, Industrie Canada, 1994.

Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : résumé et conclusions, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes et John Knubley, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les initiatives d'expansion commerciale dans les filiales de multinationales au Canada**, Julian Birkinshaw, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **Le rôle des consortiums de R-D dans le développement de la technologie**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Université Carleton, et Sunder Magun, Centre de droit et de politique commerciale, Université d'Ottawa et Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 4 **Écarts hommes/femmes dans les programmes universitaires**, Sid Gilbert, Université de Guelph, et Alan Pomfret, King's College, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La compétitivité : notions et mesures**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **Aspects institutionnels des stimulants fiscaux à la R-D : le crédit d'impôt à la RS&DE**, G. Bruce Doern, École d'administration publique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 7 **La politique de concurrence en tant que dimension de la politique économique : une analyse comparative**, Robert D. Anderson et S. Dev Khosla, Direction de l'économique et des affaires internationales, Bureau de la politique de concurrence, Industrie Canada, 1995.

N° 8 **Mécanismes et pratiques d'évaluation des répercussions sociales et culturelles des sciences et de la technologie**. Liora Salter, Osgoode Hall Law School, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 9 **Sciences et technologie : perspectives sur les politiques publiques**. Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 10 **Innovation endogène et croissance : conséquences du point de vue canadien**. Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal et Institut canadien de recherches avancées, et Elhanan Helpman, Université de Tel-Aviv et Institut canadien de recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 11 **Les rapports université-industrie en sciences et technologie**. Jérôme Doutriaux, Université d'Ottawa, et Margaret Barker, Meg Barker Consulting, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 12 **Technologie et économie : examen de certaines relations critiques**. Michael Gibbons, Université de Sussex, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 13 **Le perfectionnement des compétences des cadres au Canada**. Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 14 **Le facteur humain dans le rendement des entreprises : stratégies de gestion axées sur la productivité et la compétitivité dans l'économie du savoir**. Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 15 **Les charges sociales et l'emploi : un examen de la documentation**. Joni Baran, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 16 **Le développement durable : concepts, mesures et déficiences des marchés et des politiques au niveau de l'économie ouverte, de l'industrie et de l'entreprise**. Philippe Crabbé, Institut de recherche sur l'environnement et l'économie, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 17 **La mesure du développement durable : étude des pratiques en vigueur**. Peter Hardi et Stephan Barg, avec la collaboration de Tony Hodge et Laszlo Pinter, Institut international du développement durable, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Réduction des obstacles réglementaires au commerce : leçons à tirer de l'expérience européenne pour le Canada**. Ramesh Chaitoo et Michael Hart, Centre de droit et de politique commerciale, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Analyse des mécanismes de règlement des différends commerciaux internationaux et conséquences pour l'Accord canadien sur le commerce intérieur**. E. Wayne Clendenning et Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 20 **Les entreprises autochtones : caractéristiques et stratégies de croissance**. David Caldwell et Pamela Hunt, Centre des conseils en gestion, dans le cadre d'un contrat avec Entreprise autochtone Canada, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **La recherche universitaire et la commercialisation de la propriété intellectuelle au Canada**. Wulong Gu et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 22 **La comparaison des niveaux de vie au Canada et aux États-Unis – Une perspective régionale**. Raynald Létourneau et Martine Lajoie, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2000.

N° 23 **Liens entre changement technologique et croissance de la productivité.** Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 24 **Investissement et croissance de la productivité – Étude inspirée de la théorie néoclassique et de la nouvelle théorie de la croissance.** Kevin J. Stiroh, Federal Reserve Bank de New York, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 25 **Les déterminants économiques de l'innovation.** Randall Morck, Université de l'Alberta, et Bernard Yeung, Université de New York, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 26 **Les PME, l'exportation et la création d'emploi : une analyse au niveau de l'entreprise.** Élisabeth Lefebvre et Louis A. Lefebvre, CIRANO et École polytechnique de Montréal, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 27 **La localisation des activités à plus grande valeur ajoutée.** Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2001.

COLLECTION LE CANADA AU 21e SIÈCLE

N° 1 **Tendances mondiales : 1980-2015 et au delà.** J. Bradford DeLong, Université de la Californie, Berkeley, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 2 **Libéralisation étendue axée sur les aspects fondamentaux : un cadre pour la politique commerciale canadienne.** Randy Wigle, Université Wilfrid Laurier, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 3 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les 25 dernières années et les 25 prochaines années.** Gary C. Hufbauer et Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 4 **Les tendances démographiques au Canada, 1996-2006 : les répercussions sur les secteurs public et privé.** David K. Foot, Richard A. Loreto et Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 5 **Investissement : les défis à relever au Canada.** Ronald P.M. Giammarino, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 6 **Visualiser le 21e siècle – Investissements en infrastructure pour la croissance économique, le bien-être et le mieux-être des Canadiens.** Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, et Stéphanie Barker, Université de Montréal, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Les conséquences du changement technologique pour les politiques de main-d'œuvre.** Julian R. Betts, Université de la Californie à San Diego, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 8 **L'économie et l'environnement : l'expérience récente du Canada et les perspectives d'avenir.** Brian R. Copeland, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 9 **Réactions individuelles à l'évolution du marché du travail au Canada.** Paul Beaudry et David A. Green, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 10 **La réaction des entreprises – L'innovation à l'ère de l'information**, Randall Morck, Université de l'Alberta, et Bernard Yeung, Université du Michigan, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 11 **Institutions et croissance – Les politiques-cadres en tant qu'instrument de compétitivité**, Ronald J. Daniels, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

COLLECTION PERSPECTIVES SUR LE LIBRE-ÉCHANGE NORD-AMÉRICAIN

N° 1 **La fabrication dans les pays de petite taille peut-elle survivre à la libéralisation du commerce? L'expérience de l'Accord de libre-échange Canada-États-Unis**, Keith Head et John Ries, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 2 **Modélisation des liens entre le commerce et l'investissement étranger direct au Canada**, Walid Hejazi et A. Edward Safarian, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 3 **Libéralisation des échanges et migration de travailleurs qualifiés**, Steven Globerman, Université Western Washington et Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 4 **Évolution du profil sectoriel et professionnel du commerce international du Canada**, Peter Dungan et Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 5 **Incidence de l'Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis sur le commerce interprovincial**, John F. Helliwell, Université de la Colombie-Britannique, Frank C. Lee, Industrie Canada, et Hans Messinger, Statistique Canada, 1999.

N° 6 **L'essentiel sur l'Accord de libre-échange Canada-États-Unis,** Daniel Trefler, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

MONOGRAPHIE

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis, publié sous la direction de Dale W. Jorgenson, Université Harvard, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 2000.

DOCUMENTS DE RECHERCHE

N° 1 **Investissement étranger, technologie et croissance économique,** publié sous la direction de Donald G. McFetridge, University of Calgary Press, 1991.

N° 2 **La mondialisation des sociétés par le jeu des fusions et acquisitions**, publié sous la direction de Leonard Waverman, University of Calgary Press, 1991.

N° 3 **Multinationales en Amérique du Nord,** publié sous la direction de Lorraine Eden, University of Calgary Press, 1994.

N° 4 **Les multinationales canadiennes**, publié sous la direction de Steven Globerman, University of Calgary Press, 1994.

N° 5 **La prise de décision dans les entreprises au Canada**, publié sous la direction de Ronald J. Daniels et Randall Morck, University of Calgary Press, 1995.

N° 6 **La croissance fondée sur le savoir et son incidence sur les politiques microéconomiques**, publié sous la direction de Peter Howitt, University of Calgary Press, 1996.

N° 7 **La région de l'Asie-Pacifique et l'économie mondiale : perspectives canadiennes**, publié sous la direction de Richard G. Harris, University of Calgary Press, 1996.

N° 8 **Le financement de la croissance au Canada**, publié sous la direction de Paul J.N. Halpern, University of Calgary Press, 1997.

N° 9 **La politique de concurrence et les droits de propriété intellectuelle dans l'économie du savoir**, publié sous la direction de Robert D. Anderson et Nancy T. Gallini, University of Calgary Press, 1998.

N° 10 **Les enjeux de la productivité au Canada**, publié sous la direction de Someshwar Rao et Andrew Sharpe, University of Calgary Press, 2002.

PUBLICATIONS CONJOINTES

Capital Budgeting in the Public Sector, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Infrastructure and Competitiveness, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, en collaboration avec l'Institut C.D. Howe, Jamie Benidickson, G. Bruce Doern et Nancy Olewiler, 1994.

Pour obtenir des exemplaires de l'un des documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche d'Industrie Canada, veuillez communiquer avec le :

Responsable des publications
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 952-5704
Téléc. : (613) 991-1261
Courriel : mepa.apme@ic.gc.ca